

Série A, n° 231

N° D'ORDRE

850

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES PHYSIQUES

PAR

M. Arnaud DE GRAMONT

1^{re} Thèse. — ANALYSE SPECTRALE DIRECTE DES MINÉRAUX.

2^e Thèse. — PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ.

Soutenues le 20 juin 1895, devant la Commission d'examen.

MM. FRIEDEL,
LIPPMANN,
HAUTEFEUILLE,

Président.

Examineurs.

PARIS

LIBRAIRIE POLYTECHNIQUE, BAUDRY ET C^{ie}, ÉDITEURS

15, RUE DES SAINTS-PÈRES, 15

MÊME MAISON A LIÈGE, 21, RUE DE LA RÉGENCE

1895

Tous droits réservés.

Série A, n° 231

N° D'ORDRE

850

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES PHYSIQUES

PAR

M. Arnaud DE GRAMONT

1^{re} Thèse. — ANALYSE SPECTRALE DIRECTE DES MINÉRAUX.

2^e Thèse. — PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ.

Soutenues le 20 juin 1895, devant la Commission d'examen.

MM. FRIEDEL,

LIPPMANN,

HAUTEFEUILLE,

Président.

} Examinateurs.



PARIS

IMPRIMERIE ET LIBRAIRIE CENTRALES DES CHEMINS DE FER

IMPRIMERIE CHAIX

SOCIÉTÉ ANONYME

(Succursale B), 5, rue de la Sainte-Chapelle.

1895

ACADÉMIE DE PARIS

FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS

	MM.	
Doyen	DARBOUX	Géométrie supérieure.
Professeur honoraire. . .	PASTEUR	
	DE LACAZE-DUTHIERS . . .	Zoologie, Anatomie, Physiol. comparée.
	HERMITE.	Algèbre supérieure.
	TROOST	Chimie.
	FRIEDEL	Chimie organique.
	TISSERAND.	Astronomie.
	LIPPMANN	Physique.
	HAUTEFEUILLE	Minéralogie.
	BOUTY	Physique.
	APPELL	Mécanique rationnelle.
	DUCLAUX	Chimie biologique.
Professeurs.	BOUSSINESQ	Mécanique physique et expérimentale.
	PICARD.	Calcul différentiel et calcul intégral.
	POINCARÉ	Calcul des probabilités, Physique mathém.
	YVES DELAGE	Zoologie, Anatomie, Physiol. comparée.
	BONNIER.	Botanique.
	DASTRE	Physiologie.
	DITTE	Chimie.
	MUNIER-CHALMAS . . .	Géologie.
	GIARD	Zoologie, Évolution des êtres organisés.
	WOLF	Astronomie.
	CHATIN	Zoologie, Anatomie, Physiol. comparée.
Professeurs adjoints . .	JOLY.	Chimie.
	PELLAT	Physique.
	KÖNIGS	Cinématique.
	PAINLEVÉ	Calcul différentiel et intégral.
Secrétaire	FOUSSEREAU.	

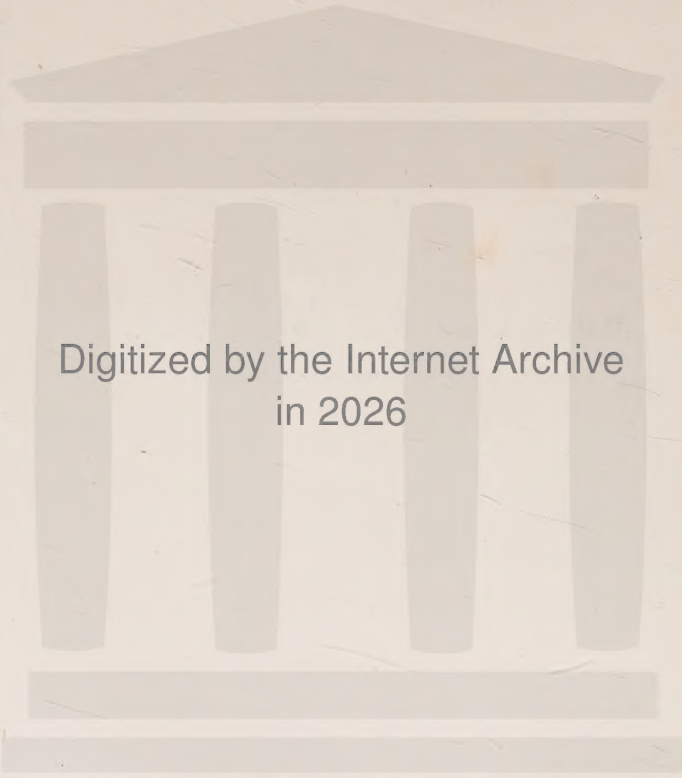
A

MONSIEUR C. FRIEDEL

Membre de l'Institut (Académie des Sciences).

Hommage de respectueuse et
reconnaissante affection,

A. DE GRAMONT.



Digitized by the Internet Archive
in 2026

ANALYSE SPECTRALE DIRECTE DES MINÉRAUX

PAR

M. A. DE GRAMONT

AVANT-PROPOS

OBJET DE CE TRAVAIL

Ayant reconnu que plusieurs minéraux à éclat métallique, tels que la galène et la pyrite, étaient assez bons conducteurs pour qu'on puisse obtenir facilement une étincelle électrique entre leurs fragments, je me suis proposé d'étudier si l'examen spectroscopique de cette étincelle ne pourrait pas fournir une nouvelle méthode de recherche qualitative directe des éléments constitutants des minéraux.

Pour cela, les deux fragments du minéral examiné, aussi petits que ceux destinés aux essais au chalumeau, étaient saisis entre des pinces à bout de platine, opposées par le sommet, mobiles le long d'un support vertical et communiquant avec les pôles d'une bobine d'induction, capable de donner de 3 à 4 centimètres d'étincelle et actionnée par une pile au bichromate de potasse de quatre à six éléments à grande surface.

Je me suis bientôt aperçu de l'avantage qu'il y a à employer, au lieu de l'étincelle de la bobine, celle d'un condensateur, formé d'une ou plusieurs bouteilles de Leyde, et chargé par la bobine; les pôles de celles-ci étant reliés chacun, simultanément à l'une des armatures du condensateur et à l'une des pinces porte-essais.

L'étincelle condensée est en effet beaucoup plus lumineuse et plus forte que celle de la bobine; elle dissocie les éléments, en donnant des spectres de lignes très vives, où chaque corps est représenté par les raies caractéristiques de son spectre individuel.

Les minéraux conducteurs ou seulement volatilisables dans l'étincelle condensée, se comportent donc spectroscopiquement comme des *alliages métalliques*, mais comme des alliages où les *métalloïdes* donneraient aussi leurs spectres de lignes comme les métaux.

On a seulement à tenir compte des quelques raies de l'air qui persistent au milieu de celles des éléments du minéral d'où jaillit l'étincelle. Elles sont peu nombreuses et faciles à reconnaître. On en trouvera plus loin un tableau détaillé avec les observations s'y rapportant.

Les minéraux métalliques donnent non seulement les raies de leurs éléments constitutifs, mais aussi celles des corps qu'ils contiennent accessoirement en petites quantités, ou même en traces, souvent indiscernables à l'analyse par voie humide.

Les résultats de mes recherches m'ont fait considérer cette méthode d'analyse spectrale directe des minéraux comme pouvant rendre des services en minéralogie, en métallurgie, et en analyse qualitative, et donner rapidement des indications sûres, et faciles à saisir, sur la composition des matières examinées et même sur la prédominance relative des éléments.

Avant de passer à l'étude des spectres des minéraux, il est nécessaire d'exposer en détail le dispositif expérimental employé. En premier lieu, nous verrons les appareils producteurs de l'étincelle; en second lieu, les appareils dispersifs destinés à l'analyse spectrale de celle-ci.

Nous examinerons ensuite la manière dont chacun des corps simples se présente au spectroscope dans les conditions bien définies de l'expérience.

Les observations et les tableaux de longueurs d'onde des minéraux étudiés séparément ne seront donc plus ensuite qu'une application de données générales précédemment exposées.

Une partie de ce travail, celle qui correspond à la note présentée à l'Académie des Sciences, le 2 juillet 1894 (sur le spectre du soufre), a été faite à l'ancien laboratoire, supprimé maintenant, du regretté M. Salet, où M. Friedel a bien voulu me donner depuis une hospitalité dont je tiens à le remercier ici, ainsi que des nombreux échantillons, provenant de la collection de l'École des Mines, qu'il m'a permis de soumettre à mes essais. J'adresse aussi mes remerciements à M. Alf. Lacroix, pour les minéraux de la collection du Muséum qu'il a libéralement mis à ma disposition.

Qu'il me soit permis enfin d'exprimer ma gratitude aux personnes qui ont bien voulu m'encourager dans ces recherches, spécialement à M. Cornu et à M. Lecoq de Boisbaudran, dont les conseils m'ont été précieux.

PREMIERE PARTIE

DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL

I. — Appareils producteurs de l'étincelle.

PILE.

La pile fournissant le courant inducteur circulant dans le circuit primaire de la bobine, était formée de quatre ou six éléments Trouvé, à treuil, au bichromate de potasse, du type décrit et figuré dans le « Traité de spectroscopie », de M. Salet. Plusieurs liquides, formés des mêmes matières mais en proportions diverses, ont été préconisés pour cette pile. Voici celui que j'ai employé : eau, 10 litres ; bichromate, 1 kilogramme ; acide sulfurique à 66°, 2 litres.

BOBINE.

La bobine avec laquelle ont été obtenus les spectres étudiés ici appartenait au type construit pour l'inflammation des moteurs à gaz, par MM. E. Ducretet et C^{ie}, donnant sans condensateur du circuit induit, environ 50 millimètres d'étincelle longue et 15 millimètres d'étincelle chaude.

Le fil inducteur (circuit primaire), de 1^{mm},40 de diamètre et 2^m,75 de longueur, avait pour résistance 0^{ohm},20.

Le fil induit (circuit secondaire), de 0^{mm},14 de diamètre et de 443 mètres de longueur, disposé en 20 galettes, avait pour résistance 3.200 ohms.

Le condensateur du circuit inducteur, placé dans le socle

de l'appareil, et destiné, comme on sait, à diminuer dans le rhéotome l'étincelle de rupture et à renforcer dans de grandes proportions la force électromotrice de l'induit direct, était formé de 70 feuilles d'étain de 28×10 centimètres de surface, alternées avec des feuilles de papier paraffiné. Il est bien entendu que ce n'est pas à ce condensateur fixe, placé d'une manière définitive dans le circuit primaire inducteur, que je ferai allusion quand je parlerai de la condensation, plus ou moins grande, de l'étincelle jaillissant entre les minéraux étudiés, mais bien aux bouteilles de Leyde, amovibles, et dont les armatures sont reliées aux deux pôles du circuit secondaire induit de la bobine.

Le rhéotome était formé d'un trembleur à marteau de fer doux à lame flexible. Il est essentiel d'avoir un marteau assez lourd et de ne pas réduire sa course, pour avoir des raies brillantes.

Tout en ayant tenu à préciser les constantes de la bobine dont je me suis servi, je dois dire que les variations dans ses dimensions et dans sa puissance, n'ont pas d'influence sur l'intensité relative des raies d'un même spectre, pourvu que le fil induit ait une très grande résistance par rapport au fil inducteur. Ainsi j'ai opéré aussi avec une bobine construite chez M. Gaiffe et donnant de 70 à 80 millimètres d'étincelle, sans constater de différence avec les résultats donnés par ma bobine précédemment décrite. J'ajouterai que j'ai eu avec les éléments isolés me servant de spectres types, les mêmes spectres, en nombre et intensités relatives de lignes, que M. Huggins a donnés dans son mémoire de 1864 ⁽¹⁾, et avait obtenus avec une grande bobine, de 15 milles de longueur de fil secondaire.

(1) On spectra of some chemical elements. Phil. Trans., t. 154.

D'autre part, avec une bobine à gros fil induit, de faible résistance, comme la bobine de M. Demarçay, on obtiendrait des résultats différents de ceux qui vont être donnés dans ce travail.

ÉTINCELLE CONDENSÉE. CONDENSATEUR.

Les recherches de M. Ad. Perrot, de M. Du Moncel, de M. Masson, et récemment de M. Spottiswoode et de M. Gordon ont établi que l'étincelle non condensée d'une bobine d'induction se compose de deux parties très distinctes :

1° Le *trait de feu*, brillant, formant l'axe de l'étincelle;

2° L'*auréole* extérieure, rougeâtre, peu lumineuse.

Si l'on dirige un courant d'air très vif sur l'étincelle, l'auréole est divisée. On peut la recueillir dans un circuit particulier et s'assurer ainsi que l'auréole dure un temps appréciable et contient la plus grande quantité de l'électricité; elle jouit de toutes les propriétés des *courants*, notamment des effets calorifiques de ceux-ci, tels que l'inflammation des substances combustibles. Elle est appelée souvent décharge de *quantité*.

Le trait de feu, au contraire, est instantané, n'affecte pas le galvanomètre et ne produit pas d'action chimique; il serait formé principalement par un transport subit de la matière métallique du conducteur. On l'appelle souvent décharge de *tension*.

Le trait de feu pourra donc percer une feuille de papier sans l'échauffer, mais l'auréole se prolongeant pendant une durée appréciable, l'échauffera et l'enflammera.

Si l'on condense la décharge totale de la bobine d'induction, en reliant les bornes du fil induit de celle-ci aux armatures d'une batterie de bouteilles de Leyde formant

condensateur, et que ces armatures soient en outre réunies à un circuit interrompu par une étincelle, toute cette décharge s'accumule dans la batterie.

Lorsque la différence de potentiel est devenue assez forte pour produire le passage de l'étincelle, celle-ci se produit sous forme du seul *trait de feu*, instantané, et par conséquent plus large et plus bruyant. Il en résulte que le nombre des étincelles produites dans l'unité de temps, est moindre avec un condensateur que sans condensateur. Si la capacité de celui-ci est augmentée, le débit de la bobine restant le même, les étincelles diminueront en fréquence, tout en croissant en intensité. Pour une bobine donnée, il y a donc une capacité de condensateur limitée, qu'il ne faut pas dépasser sous peine de n'avoir plus que de rares étincelles ne permettant pas d'observation spectroscopique continue. Mais on a avantage à se rapprocher de cette limite.

J'ai préféré dans ces recherches, employer l'étincelle condensée parce que le trait de feu donne les spectres élémentaires des éléments du composé qu'elle dissocie. On n'a ainsi à reconnaître et à mesurer que des raies déjà connues, toujours les mêmes pour un élément donné.

En second lieu, les spectres du trait de feu sont très brillants, les raies bien tranchées, les bandes nébuleuses rares. Enfin l'étincelle de la bobine seule chauffe les corps étudiés, souvent très résistants au passage de l'électricité; elle les porte à l'incandescence en donnant un spectre continu ⁽¹⁾, sur lequel se détachent seulement les raies les plus intenses appartenant aux métaux. Ce fait peut être utilisé, dans certains cas, pour distinguer ceux-ci, notamment le thallium, des métalloïdes, ou pour éliminer des

(1) Cet effet est particulièrement marqué dans les minéraux, avec la bobine de M. Demarçay.

raies d'importance secondaire dans les spectres d'une grande complexité.

J'ai fait usage d'un condensateur formé de jarres de verre ordinaire dont les armatures extérieures et intérieures étaient faites de papier d'étain collé sur le verre, et présentaient une surface de 11,57 décimètres carrés chacune. Ces jarres, au nombre de six, avaient leurs armatures reliées aux pôles de la bobine et aux pinces porte-essais, par un commutateur à godets et cavaliers, permettant de varier le nombre des jarres introduites dans le circuit, et par suite la surface de condensation, de 1 à 6, c'est-à-dire de 11^{de},57 à 69^{de},42.

Dans la pratique on se servait habituellement de deux jarres (23^{de},14), mais on allait parfois à quatre (46^{de},28) dans le cas de minéraux devenant facilement incandescents, et dans lesquels les métalloïdes étaient difficiles à reconnaître. C'était à peu près la capacité limite pratiquement utilisable avec ma bobine.

Les proportions des condensateurs usités dans les travaux classiques de spectroscopie étaient beaucoup moins considérables, eu égard à la dimension et au débit des bobines employées. Ainsi Kirchhoff, dans son travail sur le spectre solaire, chargeait avec une bobine donnant 30 centimètres d'étincelle dans l'air, un condensateur de 20^{de} de surface seulement; Thalén, avec une bobine de 57 centimètres de longueur sur 21 centimètres de diamètre « un condensateur assez puissant pour vaporiser les corps »; Plücker et Hittorf « une grande bouteille de Leyde, chargée par une puissante bobine d'induction »; Huggins enfin, dont le dispositif d'expériences a été heureusement donné avec plus de précision, avait environ 32^{de} de condensation pour une bobine dont le fil secondaire mesurait 15 milles de longueur.

Pour de très faibles surfaces de condensation, on a des spectres pour ainsi dire « limites », particuliers. M. Lecoq de Boisbaudran en employant des condensateurs de petites capacités, variables d'une manière continue jusqu'à zéro, a pu obtenir de grandes variations dans l'aspect des spectres. On fera donc bien, pour rendre les observations comparables, d'employer toujours des condensateurs qui ne soient pas inférieurs à 10 ou 15^{me} de surface.

SUPPORT.

Dans mes premières recherches j'avais employé, pour maintenir en regard les deux fragments de minéraux destinés à donner passage à l'étincelle, le dispositif décrit et figuré page 148 du *Traité de Spectroscopie*, de M. Salet. C'est-à-dire que les deux échantillons d'essai étaient tenus par deux pinces « bruxelles » opposées et fixées chacune, par une petite presse à vis de laiton, à une forte pince en bois à ressort, mobile le long d'une tige verticale cylindrique solidement fixée dans un socle pesant. On peut ainsi, en déplaçant les pinces, modifier la hauteur de l'étincelle et sa distance explosive.

Dans ces conditions, un réglage précis est difficile à cause du vacillement des pinces de bois à ressort, le long de la tige; de plus on est forcé de prendre des échantillons d'essai trop gros, qui s'échappent ou se brisent sous la pression des pinces bruxelles.

Pour éviter ces inconvénients, M. V. Chabaud ⁽¹⁾ a construit sur mes indications, avec son habileté accoutumée, un support métallique qui m'a donné des résultats satisfaisants. Une tige verticale carrée, de laiton, porte une crémaillère sur laquelle se meuvent, au moyen de pignons,

(1) Successeur d'Alvergniat frères.

deux coulisses, où peuvent glisser des tiges horizontales d'ébonite. L'extrémité de chacune des deux tiges d'ébonite porte une tête métallique dans laquelle se fixe par une mâchoire et une vis, la base carrée d'une pince à bouts de platine, ouvrant par pression, semblable à celle qu'on emploie dans les essais de fusibilité au chalumeau. On peut ainsi régler, avec précision, l'écartement des minéraux maintenus entre les pinces à bout de platine, et le modifier lorsque la durée de l'expérience, en usant les échantillons essayés a augmenté la distance explosive. On a avantage à maintenir celle-ci inférieure à un millimètre pour augmenter l'intensité des raies et arriver à éliminer presque complètement le spectre de l'air décrit plus loin. On peut aussi déplacer la position de l'étincelle par rapport à la fente du spectroscope, au moyen d'un écrou de serrage dans lequel glisse la base cylindrique qui termine la tige verticale, carrée seulement sur la course des crémaillères.

Est-il besoin d'ajouter que les têtes métalliques des deux tiges d'ébonite, ou les pinces à bout de platine elles-mêmes, sont reliées au moyen de bornes serrefils ou de simples crochets aux deux conducteurs venant de la bobine et du condensateur.

II. — Appareils dispersifs. — Mesures.

Un spectroscope ordinaire de laboratoire à un prisme, est parfaitement suffisant pour le simple examen des raies caractéristiques des métaux, et des corps formant les éléments principaux des minéraux. J'avais commencé mes recherches ⁽¹⁾ avec un appareil de ce genre, à un prisme

(1) *Comptes-Rendus*. Séances des 12 mars, 2 avril, 2 juillet 1894.

en flint lourd de densité 4,72 et d'indice pour la raie D égal à 1.756.

Ces conditions sont très voisines de celles où avaient été étudiées les spectres du bel ouvrage de M. Lecoq de Boisbaudran ⁽¹⁾ et ceux des métalloïdes qui avaient fait l'objet de la thèse de M. Salet ⁽²⁾. J'aurai souvent à citer ces deux ouvrages, précieux surtout au point de vue de la certitude de la provenance des raies, les substances qui y sont étudiées ayant été purifiées avec grand soin.

Ayant résolu de faire la description complète du spectre des principaux minéraux, en y recherchant les éléments accessoires contenus en faible quantité, j'ai dû recourir à une plus forte dispersion. Je tenais en même temps à faire usage d'un appareil facile à régler et à transporter qui pût permettre à la méthode de se généraliser et d'être employée dans les laboratoires de chimie et de minéralogie.

Je me suis arrêté au choix du spectroscopie à vision directe à deux prismes composés, construit par M. Ph. Pellin sur les indications de M. Cornu. Chacun des prismes composés est formé d'un prisme en flint de densité 4.476, d'angle de 106° compris entre deux prismes en crown de densité 2.521. L'indice pour la raie D est pour le flint 1.5157, et celui du crown 1.7285.

L'ensemble de ces deux systèmes de prismes est très dispersif pour une combinaison de ce genre. L'écartement des deux raies D (ou si l'on préfère, du Sodium, Na_1 et Na_2) est supérieur à 0°1' d'arc, près de 0°1' 1/2, ou de une division de micromètre, ce qui permettait d'apprécier sur celui-ci avec un peu d'habitude, la dixième partie de cet écartement.

(1) Spectres lumineux. Paris, 1874.

(2) Sur les spectres des métalloïdes. Paris 1872.

Malheureusement l'absorption de la lumière dans ce genre d'appareils croît rapidement avec la réfrangibilité, à partir du violet. J'ai donc été forcé d'arrêter mes mesures à $\lambda = 420.0$ dans cette couleur. Pour la partie plus réfrangible, c'est-à-dire entre $\lambda = 420.0$ et $\lambda = 394.0$, limite de mes recherches, j'étais forcé d'enlever un des systèmes de prismes. L'appareil ainsi réduit était cependant notablement plus dispersif que mon spectroscopie ordinaire à un prisme, puisqu'il dédoublait facilement la raie du sodium avec un écartement d'environ un tiers de division du micromètre. Le micromètre divisé en 250 parties est, dans cet appareil, porté par une lunette mobile au moyen d'une vis sans fin, qui permet de le transporter dans les parties du spectre à mesurer. L'oculaire, dont j'avais fait augmenter le grossissement, porte un réticule, et la lunette se meut aussi par une vis sans fin. Le déplacement de celle-ci peut être lu au moyen d'un vernier donnant la minute, sur une fraction de cercle divisé dont elle est solidaire au moyen d'un prisonnier. Le collimateur porte une fente variable qu'il est utile de protéger par une glace, et devant laquelle se trouve un prisme mobile à réflexion totale, au moyen duquel étaient juxtaposés dans le champ de l'oculaire, le spectre du minéral et celui de l'élément à lui comparer. On a avantage à faire adapter à l'oculaire du spectroscopie, quelle que soit sa dispersion, des volets à coulisse permettant de restreindre le champ et d'isoler une faible partie du spectre.

MESURES.

Pour la partie rouge du spectre, le repérage de l'échelle micrométrique se faisait en plaçant la moins réfrangible des raies du sodium $\text{Na}\alpha_1$, à la division 200 du

micromètre, de telle sorte que les raies d'usage courant c'est-à-dire plus réfrangibles que $\lambda = 700.0$ étaient comprises entre les divisions 104 et 200. Pour le jaune, le vert et le bleu, le zéro de l'échelle était établi sur $\text{Na}\alpha_1$, c'est-à-dire où se trouvait le 200 pour le rouge. La fin de l'échelle (la division 250) se trouvait alors à $\lambda = 464.3$; cette position était repérée au moyen du réticule et du cercle divisé de la lunette. On transportait alors l'échelle micrométrique de toute sa longueur, le zéro venant se placer sur le réticule à la place occupée auparavant par la division 250. On s'assurait par une nouvelle lecture sur le cercle divisé que la position du réticule et de la lunette n'avait pas changé. Après ce nouveau déplacement de l'échelle, la limite à laquelle on arrêtait les observations était à $190 = \lambda 420.0$, c'est-à-dire à partir de $\text{Na}\alpha_1 : 250 + 190 = 440 \text{ Div.}$ Comme je l'ai dit, le reste du violet était étudié en enlevant le système de prismes antérieur, et le repérage se faisait de la même manière par rapport à la raie $\text{Na}\alpha_1$. Les divisions du micromètre, dont on arrivait assez facilement à évaluer le dixième, étaient transformées en longueurs d'onde au moyen d'une courbe à grande échelle. Les ordonnées de celle-ci représentaient les longueurs d'onde à un millionnième de millimètre pour cinq millimètres; on y lisait donc bien le dix-millionnième de millimètre. Les abscisses étaient les divisions du micromètre, à une division de l'échelle pour deux millimètres.

Cette courbe avait été construite au moyen des tables de Thalén, en reportant les longueurs d'onde, données par celles-ci pour un assez grand nombre de raies métalliques mesurées d'autre part sur l'échelle micrométrique, par rapport à la raie du sodium $\text{Na}\alpha_1$ prise pour origine des mesures. Dans les proportions que j'ai indiquées, et à une aussi forte échelle, la courbe étant peu infléchie, on réunit

facilement par un trait continu, très voisin d'une droite, les points ainsi obtenus, qu'on peut d'ailleurs rapprocher autant qu'on veut, en utilisant les innombrables raies du fer pour déterminer les points intermédiaires. Mes mesures sont donc absolument dépendantes de celles de Thalén pour les métaux ; celles-ci sont d'ailleurs exactes au moins dans les limites où j'opérais, c'est-à-dire au dix-millionième de millimètre.

Voici d'ailleurs le degré d'approximation de mes mesures :

Dans le rouge, une variation de une division correspond à $\lambda = 001,4$ à $001,2$.

Dans l'orangé, une variation de une division correspond à $\lambda = 001,0$ à $000,9$.

Dans le jaune, une variation de une division correspond à $\lambda = 000,9$ à $000,8$.

Dans le vert, une variation de une division correspond à $\lambda = 000,6$ à $000,5$.

Dans le bleu, une variation de une division correspond à $\lambda = 000,4$ à $000,3$.

Dans l'indigo, une variation de une division correspond à $\lambda = 000,2$.

Avec *un seul* prisme :

Dans le violet, une variation de une division correspond à $\lambda = 000,4$.

Dans l'ultra violet visible, une variation de une division correspond à $\lambda = 000,2$.

λ étant exprimée en millionième de millimètre.

On voit donc que si l'on évalue à deux dixièmes de division les écarts de lecture possible sur le micromètre, l'erreur sera seulement les deux dixièmes des variations précédentes, c'est-à-dire que, sauf dans le rouge, on aura

à une unité près, le dix-millionnième de millimètre. En prenant les moyennes de plusieurs mesures on aura certainement ce chiffre exact.

INTENSITÉS RELATIVES DES RAIES.

En regard des mesures de longueurs d'onde je donne mon observation sur l'aspect et l'intensité relative des raies. Voici l'échelle adoptée en commençant par les maxima :

Intense,
Très forte,
Forte,
Assez forte,
Très bien marquée,
Bien marquée,
Assez bien marquée,
Bien visible,
Assez bien visible,
Faible,
Très faible,
A peine visible,
Douteuse.

Bien entendu il ne faudrait pas attribuer de rigueur à ces évaluations données à titre d'indications seulement, un terme de la série pouvant dans deux observations différentes, ou par deux observateurs séparés, être remplacé par le terme qui le précède ou par celui qui le suit.

Les caractères des raies lorsqu'ils méritent une attention spéciale, sont :

Brillante,
Vive,
Nette,

Fine,
Large,
Diffuse,
Nébuleuse,
Bande,

.

Encore plus que les évaluations d'intensité, ces observations ont un caractère relatif.

J'ajouterai que le voisinage d'une forte raie, surtout quand elle est tant soit peu large, ou nébuleuse sur les bords, et à plus forte raison quand c'est une bande, diminue l'éclat des raies voisines et finit même par les rendre invisibles. L'observation des raies d'importance secondaire est facilitée par l'emploi des volets de l'oculaire, au moyen desquels on peut isoler celles-ci du voisinage des raies éclatantes qui sans cela les éclipseraient.

Pour terminer ce qui concerne les mesures, j'ajouterai que toutes celles de λ données pour les minéraux, résultent d'au moins quatre lectures micrométriques, faites, deux dans le sens des refrangibilités croissantes, deux dans le sens des refrangibilités décroissantes. Autrement dit, le spectre était parcouru deux fois en sens contraire, et les lectures répétées deux fois dans chaque série. On s'assurait à chaque changement de sens qu'un déplacement du zéro de l'échelle ne s'était pas produit, soit en vérifiant la position de $\text{Na } \alpha$ du sodium, soit en observant en quelles divisions de l'échelle venaient se montrer les raies d'un alliage, formé de parties égales de plomb, de zinc et d'étain. Cet alliage servait de repère après avoir été employé à la construction de la courbe. Il était spécialement utile lors du déplacement de l'échelle parallèlement à elle-même pour la mesure des longueurs d'onde du violet.

DEUXIÈME PARTIE

OBSERVATIONS PRÉLIMINAIRES

SPECTRE DE L'AIR. — (Étincelle condensée.)

Il est de première importance, avant d'entreprendre des recherches spectroscopiques, de bien connaître le spectre de l'air dans les conditions où l'on opérera, afin de pouvoir retrancher, dans les spectres obtenus, les raies dues à l'air. En rapprochant beaucoup les pôles entre lesquels jaillit l'étincelle, et pourvu que ceux-ci soient un peu conducteurs ou volatilisables, les raies de l'air diminueront en nombre et en importance pour se réduire à un très petit nombre, faciles à reconnaître et qui souvent sont très peu visibles.

Le spectre de l'air dans les circonstances où je faisais mes recherches est celui de l'étincelle disruptive ou *trait de feu*, obtenue par la décharge d'une ou plusieurs bouteilles de Leyde servant de condensateur. L'aspect du spectre ainsi obtenu est très voisin de celui de la planche II de l'atlas de M. Lecoq de Boisbaudran, les intensités relatives et le nombre des lignes sont les mêmes ; aussi j'ai conservé les désignations des raies employées dans le texte explicatif de cette planche.

Je donne ici les raies de l'air observées dans une recherche spéciale, mais, je le répète, la plupart du temps elles se réduisent à deux ou trois groupes. Les intensités données correspondent à l'étincelle éclatant entre des pôles de métal peu volatil, platine iridié par exemple ; dans la pratique des recherches, elles doivent être notablement diminuées.

Voici les groupes qu'on aura le plus souvent à déduire des spectres obtenus :

En première ligne :

$H\alpha$ dans le rouge.

$aer\beta$ }
 $aer\alpha$ } dans le vert.

$aer\epsilon$ dans le bleu (réduit aux principales raies).

En seconde ligne et moins fréquemment :

$aer\delta$ dans l'orangé.

$aer\gamma$ }
(504.5) } dans le vert.

$aer\zeta$ dans l'indigo.

Principales raies de l'air. — Étincelle condensée.

$H\alpha$	660.5	Bien visible.		494.1	Faible.
	656.2	Très forte (c'est la raie de l'hydrogène).		480.5	Faible.
δ	648.2	Assez bien marquée.		478.8	Faible.
	617.1	Assez bien marquée.		478.0	Faible.
	594.2	Assez forte.		470.6	Faible.
	593.2	Assez forte.		469.8	Faible.
	576.7	Faible.		464.9	Bien visible.
β	574.5	Faible.		464.2	Assez forte.
	571.1	Faible.		463.9	Bien visible.
	568.6	Faible.		463.1	Assez forte.
	568.0	Très forte.		462.0	Bien visible.
	567.5	A peine visible.		461.3	Bien visible.
γ	566.6	Très forte.		460.7	Bien visible.
	553.4	Bien visible.		459.9	Bien visible.
	549.5	Bien visible.		458.9	Bien visible.
	547.9	Bien visible.		454.3	Très faible.
	545.3	Faible.		444.6	Bien visible.
ϵ	518.5	Assez forte.		443.2	Bien visible.
	517.7	Assez forte.		441.8	Bien visible.
	516.5	Faible.		441.4	Bien visible.
	504.5	Bien visible.		434.8	Assez bien visible.
	501.6	Faible.		431.8	Assez bien visible.
ζ	500.7	A peine visible.		424.0	Assez bien visible.
	500.5	Très forte.		418.4	Faible.
	500.2	Très forte.		404.0	Faible.
	499.4	Faible.		399.5	Faible.
	498.6	Faible.			

PLATINE.

Il est essentiel de connaître les principales raies du platine, comme celles de l'air, parce que, dans le cas de minéraux non conducteurs, on a ces deux spectres mélangés au lieu de celui du minéral cherché. Quelquefois, lorsque le composé étudié est volatilisable, son spectre apparaît au bout de très peu de temps, et vient se substituer à celui du platine ; il est rare qu'on ait simultanément les raies du minéral et celles du platine. On s'habitue facilement à reconnaître à première vue le spectre du platine et de l'air, qui indique un résultat négatif de l'essai tenté. Je n'ai pas donné dans le tableau ci-dessus les quelques raies rouges du platine, parce qu'elles m'ont paru trop faibles pour être mentionnées, tout au moins dans les conditions où j'opérais.

Les lettres désignant les raies sont celles de M. de Boisbaudran.

Les raies les plus caractéristiques du platine sont :

En première ligne :

Pl α

Pl β

Pl δ

En seconde ligne :

Pl θ

Pl ε

Pl γ

Pl η

Spectre du Platine.

θ	584.5	Bien marquée.	ι	487.9	Faible.
	583.7	Assez bien visible.		485.2	Très faible.
	580.6	Assez bien visible.		480.3	Très faible.
α	547.9	Forte.		455.3	Assez forte.
	547.5	Forte.	η	452.2	Assez bien visible (Huggins seul).
ε	539.0	Bien marquée.		449.9	Bien visible.
	536.8	Bien marquée.		444.2	Bien visible.
β	529.9	Forte.		438.9	Assez bien visible.
δ	522.6	Forte.		432.6	Assez bien visible.
	519.9	Faible.			
γ	505.9	Assez forte.			

**SPECTRES DES CORPS SIMPLES DANS LES
MINÉRAUX**

Métalloïdes.

SOUFRE.

Pour obtenir le spectre du soufre, on avait cru, jusqu'ici, qu'il était nécessaire de faire passer l'étincelle d'induction soit dans un tube excitateur contenant des vapeurs de soufre à la pression ordinaire, soit dans un tube de Plücker avec une faible pression, soit enfin dans un tube à gaines illuminé par les effluves de la bobine, bref en opérant à l'abri de l'oxygène de l'air, pour éviter l'inflammation de la vapeur de soufre par l'étincelle. Ayant constaté la présence des groupes de raies vertes du soufre dans les spectres de plusieurs minéraux sulfurés, j'ai cherché à m'assurer que l'on pouvait obtenir le spectre de lignes du soufre dans les conditions ordinaires de température et de pression, c'est-à-dire à l'air libre, afin de comparer à celui des sulfures, le spectre ainsi obtenu.

J'ai donc fait éclater l'étincelle de la bobine entre deux fils de platine, ou entre deux baguettes de charbon de cornue recouvertes de soufre pur, fondu et refroidi. Lorsqu'on opère sans condensateur, le soufre s'enflamme en donnant un spectre continu et peu lumineux, mais en interposant dans le circuit induit un condensateur de 40 à 50 décimètres carrés de surface polaire, pour une bobine capable de donner de 3 à 5 centimètres d'étincelle, j'ai obtenu le beau spectre de lignes très net figuré Planche I, vu avec un seul prisme. C'est bien le même que signalèrent d'abord Plücker et Hittorff et qu'étudia M. Salet (*Ann. de Chim. et de Phys.*, 4^e série, t. XXVIII, p. 37), le mode de production, beaucoup plus simple, seul diffère.

Après avoir constaté la coïncidence du spectre ainsi obtenu avec les groupes de raies fines que j'avais attribuées au soufre dans plusieurs sulfures ⁽¹⁾, j'ai entrepris l'étude plus détaillée du spectre du soufre au moyen du spectroscope à deux prismes décrit précédemment. Pour cela, j'ai repris l'étude successive du spectre de ce métalloïde, obtenu directement dans l'air, et du même spectre produit dans un tube clos, légèrement chauffé, et renfermant de la vapeur de soufre à faible pression.

M. Victor Chabaud a construit ce tube sur mes indications avec son habileté accoutumée, en lui donnant la forme générale des tubes à gânes de M. Salet, mais en faisant arriver le courant dans le tube au moyen de deux électrodes de platine, noyées dans le verre, qu'elles ne dépassent pas, mais dont elles viennent atteindre la surface à l'intérieur du tube, en n'y présentant qu'une section de métal libre égale à la section droite du fil électrode, de moins de 1 millimètre de diamètre environ. On a ainsi des tubes

(1) *Comptes Rendus*, séance du 2 juillet 1894.

très lumineux, beaucoup plus que les tubes à gaines, et qui, offrant un minimum de surface métallique à l'intérieur, ont beaucoup moins de chances que les tubes de Plücker ordinaires, d'apporter des impuretés (gaz occlus., etc.) dans le spectre.

J'ajouterai qu'ils offrent une bien moindre résistance au passage du courant que les tubes à gaines, chose très à considérer dans le cas de bobines à faible puissance.

J'ai noté les raies qui n'avaient pas été vues dans le tube, ce qui n'indique pas nécessairement qu'elles soient étrangères au soufre, les conditions de résistance du circuit et d'intensité lumineuse n'étant pas les mêmes à l'air libre et dans des tubes différents.

J'ai gardé, pour la désignation des groupes de raies, les lettres grecques employées par M. Salet dans son mémoire. Elles dénomment les groupes les plus importants et suivant leur ordre de réfrangibilité. J'y ai seulement ajouté, sous les indications φ et ψ deux groupes, de trois raies rouges chacun, facilement visibles dans les minéraux.

Si je me suis attaché à mesurer avec toute la précision dont je disposais les longueurs d'onde des raies du soufre dans les conditions où je devais opérer pour leur recherche dans les sulfures, c'est que j'avais constaté avec regret la discordance entre les mesures des différents expérimentateurs, et aussi entre le nombre, l'importance même des raies, données par chacun d'eux.

Au point de vue de la pureté des matières employées, et par suite, de la sécurité dans l'attribution des raies, le travail de M. Salet doit être mis en première ligne, mais je le crois inférieur pour l'exactitude des mesures à celui de M. Hasselberg, qui opérait d'ailleurs avec une plus forte dispersion.

Examinons maintenant dans leur ordre de réfrangibilité

croissante les principaux groupes et les raies dont ils sont formés, tels qu'ils se présentent dans le spectroscopé à deux prismes.

Le groupe $S\phi$ qui se présente comme une faible bande rouge avec un seul prisme, se résout facilement en trois raies dont la première, assez faible, ne figure pas dans le mémoire de M. Salet; les deux autres sont bien visibles. L'ensemble paraît une répétition du groupe suivant.

Le groupe $S\psi$ est beaucoup plus vif; il est très facile à voir dans les minéraux, sauf dans les sulfoantimoniures où il est mêlé à deux raies de l'antimoine ayant la même intensité.

Le groupe $S\alpha$ est formé de quatre fortes raies et de deux moins vives, mais bien visibles. L'ensemble est très vif et vient immédiatement après le groupe β de l'air ($\S 67.8$), ($\S 67.5$), ($\S 66.6$). Les raies de $S\alpha$ sont plus fortes que les raies de la même région de l'argent, raies données seulement par ce métal lorsqu'il est présent en grande quantité; cette comparaison est facile à faire dans l'*Arggyrose*. La présence de l'antimoine amenant les deux fortes lignes $Sb\epsilon$ ($\S 63.8$) et $Sb\beta$ ($\S 56.6$) laisse cependant les quatre principales raies du groupe $S\alpha$ très distinctes avec deux prismes, mais assez difficiles à isoler avec un seul. Même observation pour l'arsenic dont la forte ligne verte ($\S 65.4$) n'éteint pas le groupe $S\alpha$. Mais la présence du plomb s'ajoutant à celle de l'antimoine ou de l'arsenic, en amenant la raie intense $P\lambda\gamma$ ($\S 60.8$) ne laisse plus guère distinguer facilement que les deux ou trois raies les plus réfrangibles du groupe,

Le groupe $S\beta$ est un des plus vifs et des plus caractéristiques du soufre. Bien distinct avec un seul prisme, il est formé de quatre raies dont les deux dernières sont très

voisines et séparables seulement avec deux prismes. Même en présence de l'argent dont la raie éclatante $\text{Ag}\alpha$ (546.4) s'intercale dans le groupe, celui-ci est encore très visible par ses trois raies les plus réfrangibles. Avec l'arsenic et l'antimoine, et la plupart des métaux, ce groupe reste isolé et inaltéré dans son aspect.

Le groupe $\text{S}\gamma$, formé de deux raies parfaitement accusées et très vives. C'est à mon avis le plus facile à reconnaître, il reste isolé des raies métalliques les plus fréquentes. La présence de l'arsenic vient seulement intercaler la raie (533.0) bien au milieu des deux lignes $\text{S}\gamma$ et n'en affaiblit pas l'éclat, dans les sulfoarséniures les plus arsénifères.

Groupe $\text{S}\delta$. Les trois fortes raies qui forment ce groupe, sont comparables en intensité à celles des deux précédents, mais elles sont souvent éclipsées en partie soit par les raies intenses du cuivre qui ne laissent subsister que la plus réfrangible (520.1), soit par celles du plomb qui ne permet de voir que la moins réfrangible (521.9). L'arsenic et l'antimoine n'empêchent pas la vue de ce groupe.

Entre les groupes $\text{S}\delta$ et $\text{S}\epsilon$ se trouvent quelques raies bien visibles dont la présence confirme celle du soufre lorsque ses principaux groupes sont en partie masqués par les raies des métaux.

Le groupe $\text{S}\epsilon$ est formé de raies assez fortes, qui seraient caractéristiques dans le vide, car elles sont bien distinctes dans le tube, mais en présence de l'air elles se mêlent aux raies du groupe $\text{Aer}\alpha$, nombreuses entre (504) et (499) environ. Dans la plupart des cas, elles se réduisent à Aer (500.5) et (500.2), mais une circonstance facile à produire peut ramener tout le groupe entier, par exemple l'augmentation de la distance explosive des deux pôles, et alors

le groupe S_{ϵ} se confond dans celui de l'air. De plus, la présence du plomb amène celle de la très forte raie Pb_{ϵ} (500.5) qui vient ajouter à la confusion. Le groupe S_{ϵ} ne doit donc être considéré que comme une indication et non une certitude de la présence du soufre.

Raies S_{ζ} , S_{η} , S_{θ} . Ces lignes bleues sont assez fortes et faciles à voir avec un seul prisme, dans le soufre, que ce soit dans le tube ou à l'air libre. Dans les sulfures, leurs intensités ne paraissent pas toujours constantes par suite de la position des raies métalliques qui peuvent en diminuer l'éclat; elles varient entre : « assez bien visible » et « très bien marquée ».

Le groupe S_{μ} est formé de quatre fortes raies bleues, dont l'éclat n'est cependant pas très vif. Elles sont si peu visibles dans les minéraux que, malgré une recherche attentive, je ne puis être certain de les y avoir identifiées, car, dans la partie du spectre où elles se trouvent, beaucoup de minéraux donnent faiblement des raies du fer avec lesquelles on pouvait les confondre. Je crois cependant bien pouvoir affirmer les avoir trouvées, notamment dans le cinabre et l'argyrose.

Le spectre du soufre étudié par Hasselberg, qui opérait sans doute avec un appareil polyprismatique assez absorbant, s'arrête à S_{μ} . Je n'ai pu connaître de son mémoire ⁽¹⁾ que ses mesures qui me paraissent faites avec beaucoup de précision.

J'ignore les conditions dans lesquelles il a opéré, car le fascicule où a paru son travail, introuvable en librairie, ne figure dans aucune des bibliothèques de Paris.

(1) HASSELBERG. — Mélanges phys. et chim. du *Bull. de l'Acad. de Saint-Petersbourg*, t. II. 1880.

Le groupe $S\pi$ est formé de quatre raies plutôt fortes et de deux raies plus faibles. Elles diminuent beaucoup d'éclat dans le spectroscopé à deux prismes et ne sont visibles dans le tube qu'avec une très forte étincelle. Leur présence dans les minéraux, ou plutôt leur visibilité dans les conditions où j'opérais, est encore plus douteuse que celle du groupe $S\mu$.

Groupe $S\rho$. Je n'ai pu le voir qu'avec le spectroscopé à un prisme et l'étincelle éclatant dans l'air entre les baguettes de platine ou de charbon soufrées. Je n'en donne pas les mesures ici, m'étant borné à constater l'exactitude des trois premiers chiffres donnés par M. Salet (418.0), (416.2), (415.5).

En résumé, les raies les plus caractéristiques du soufre, dans les minéraux, sont :

En première ligne :

Le groupe	$S\psi$	dans le rouge.
Les groupes	$\left\{ \begin{array}{l} S\beta \\ S\gamma \\ S\delta \end{array} \right\}$	dans le vert.

En seconde ligne :

Le groupe	$S\varphi$	dans le rouge.
Les groupes	$\left\{ \begin{array}{l} S\alpha \\ S\varepsilon \end{array} \right\}$	dans le vert.
Les lignes	$\left\{ \begin{array}{l} S\zeta \\ S\eta \\ S\theta \end{array} \right\}$	dans le bleu.

Spectre du Soufre.

	657.48	Assez visible, n'a pas été vue dans le tube (M).		511.30	Faible, n'a pas été vue dans le tube.
	645.30	Faible, n'a pas été vue dans le tube.		510.20	Assez forte (M).
S ϕ	641.57	Faible (M).	S ϵ	504.50	Diffuse (M).
	640.16	Bien visible (M).		503.60	Bien visible.
	638.90	Assez forte (M).		503.16	Forte (M).
S ψ	631.92	Forte (M).	S ζ	502.11	Assez forte (M).
	630.84	Forte (M).		501.37	Diffuse (M).
	629.00	Forte (M).		499.45	Assez forte (M).
	615.25	Faible, n'a pas été vue dans le tube.		494.10	Faible (M).
	601.54	Très faible, n'a pas été vue dans le tube.		492.46	Assez forte (M).
	586.60	Facilement visible, n'a pas été vue dans le tube.		490.40	Diffuse.
	581.65	Très faible (M).		488.47	Vague, faible.
S α	567.20	Assez forte (M).	S η	482.60	A peine visible.
	566.18	Forte (M).		481.42	Assez forte (M).
	565.11	Forte (M).		480.40	Faible, n'a pas été vue dans le tube.
	564.20	Forte (M).		479.30	Faible.
	562.20	Faible (M).		478.10	Faible.
	560.75	Forte (M).		476.50	A peine visible.
	558.30	Faible (M).		475.60	A peine visible.
	556.84	Faible (M).		471.57	Assez forte (M).
	555.86	Faible (M).		466.5	A peine visible.
	552.75	Faible (M).		465.4	A peine visible.
	551.35	Faible (M).		463.20	Bien visible.
	550.77	Assez forte.		461.5	? Faible, douteuse.
	547.26	Assez forte (M).		456.1	? Faible, diffuse.
S β	545.20	Forte (M).	S μ	455.10	Forte.
	543.42	Forte (M).		452.50	Forte.
	542.90	Assez forte (M).		448.40	Forte.
S γ	534.25	Forte (M).		446.40	Forte.
	532.00	Forte (M).		442.80	Faible, diffuse.
	522.7	? Assez forte dans l'air, n'a pas été vue dans le tube (M).		438.75	Faible, diffuse.
	521.87	Assez forte (M).		434.95	Faible, diffuse.
S δ	521.18	Forte (M).		434.2	? A peine visible.
	520.11	Forte (M).		433.6	? Faible, douteuse.
	516.00	Assez bien visible (M).		432.8	? Douteuse, faible.
	514.25	Assez forte (M).		429.50	Forte.
	512.75	Faible.		428.35	Forte.
				427.85	Faible.
				426.9	Assez forte.
				425.90	Faible.
				425.10	Assez forte.
				424.10	Faible.
				422.5	Faible.

Les raies trouvées d'une manière certaine dans les minéraux, sont désignées par la lettre (M).

SÉLÉNIUM.

Plus facilement encore que le soufre, le sélénium est reconnaissable dans les minéraux, avec l'étincelle condensée. Les raies les plus caractéristiques se trouvent dans le vert et le bleu et nous leur avons conservé les lettres que M. Salet leur avait affectées. On a superposé les spectres des sélénures à celui du sélénium pur, dans le champ du spectroscopie au moyen d'un prisme à réflexion totale, afin d'identifier les raies qui ont été ensuite mesurées successivement, dans le sélénium libre, et dans les minéraux sélénifères. Le sélénium employé avait été spécialement purifié par M. le Dr C. Chabrié, à qui je suis heureux d'adresser ici tous mes remerciements.

On faisait éclater l'étincelle entre deux fils de platine recouverts de sélénium fondu et on retranchait du spectre ainsi obtenu les raies de l'air et celles du platine, souvent présentes. On a ainsi un spectre où manquent certaines raies, mentionnées par M. Salet, qui opérait avec un tube à gaines, raies qui dans mes recherches se confondaient avec celles de l'air, et par suite ne devaient pas être considérées comme caractéristiques du sélénium dans les minéraux.

Les lignes et groupes de lignes offrant plus spécialement un caractère analytique et permettant de déceler facilement la présence du sélénium, sont ceux que M. Salet a désignés par des lettres grecques de α à θ inclusivement. Ces raies sont très nettes et faciles à reconnaître à première vue.

Mes mesures ont été faites avec le spectroscopie à deux prismes et la seconde décimale a été donnée par les moyennes. La première raie 605.51 diffère beaucoup de la valeur 607.00 donnée par Plücker et Hittorff et par M. Salet,

cependant elle a été vérifiée avec soin et résulte comme mes autres nombres d'une moyenne de dix mesures. Les valeurs des autres raies sont sensiblement plus voisines de celles de M. Salet que de celles de MM. Plücker et Hittorff.

J'ai désigné de la lettre M les raies observées dans les minéraux, pour simplifier les recherches.

Raies les plus caractéristiques du sélénium, dans les minéraux :

En première ligne :

La raie	Se α	} dans le vert.
Le groupe	Se β	
Les raies	Se γ	
	Se δ	
	Se ε	
Le groupe	Se ζ	

En seconde ligne :

La raie 605.5 dans le rouge.

Les groupes $\left\{ \begin{array}{l} \text{Se } \eta \\ \text{Se } \theta \end{array} \right\}$ dans le vert.

Les lignes $\left\{ \begin{array}{l} \text{Se } \mu \\ \text{Se } \pi \end{array} \right\}$ dans le bleu.

Spectre du Sélénium.

	649.75	Forte.		Se δ	517.58	Forte (M).
	647.80	Forte.			515.30	Assez bien marq. (M).
	643.20	Assez forte.		Se ϵ	514.23	Forte (M).
	629.60	Bien marquée.			511.55	Faible.
	613.90	Bien marquée.			510.60	Assez bien visible (M).
	605.51	Bien marquée (M).			509.80	Assez forte (M).
	586.34	Faible.		Se ζ	509.42	Bien marquée (M).
	574.70	Faible.			506.85	Assez forte (M).
	571.05	Bien visible (M).			504.35	Fine, bien visible.
	569.70	Assez forte.			502.60	Assez bien visible (M).
	562.32	Bien visible (M).		Se η	499.20	Bien marquée (M).
	559.28	Bien marquée (M).			497.42	Bien marquée (M).
	556.90	Assez bien marq. (M).		Se θ	484.52	Assez forte (M).
	552.43	Faible (M).			484.04	Assez forte (M).
	544.00	Diffuse, faible.		Se φ	476.46	Assez bien visible (M).
	539.10	Bien marquée (M).			474.20	Diffuse.
Se α	537.35	Bien marquée (M).		Se π	460.40	Bien marquée (M).
	530.38	Forte (M).			456.30	Assez bien visible (M).
Se β	527.03	Forte (M).			440.10	Diffuse.
	525.21	Forte (M).			432.10	Diffuse.
	523.32	Faible (M).			421.60	Diffuse (M).
Se γ	522.62	Forte (M).			417.50	Diffuse.
	521.90	Assez bien marq. (M).			413.40	Diffuse.

TELLURE.

Les propriétés physiques du tellure le rapprochent des métaux; aussi, comme on pouvait le penser, ses raies offrent un vif éclat dans les minéraux tellurifères et l'étincelle, jaillissant entre deux fragments de tellure donne-t-elle un brillant spectre de lignes. Mais vient-on à supprimer le condensateur, les raies du tellure disparaissent; que ce soit avec des minéraux ou du tellure pur que l'on opère, le phénomène est absolument tranché comme pour tous les métalloïdes.

Les mesures données dans le tableau ci-contre ont été prises dans les mêmes conditions que celles du soufre et du sélénium et avec les mêmes instruments. Elles ont été

faites d'abord sur un échantillon de tellure donné comme pur, et ensuite sur la *Nagyagite*, la *Hessite* et la *Tétradymite*. Les décimales résultent d'une moyenne de neuf mesures. Elles diffèrent plus qu'on ne pourrait s'y attendre des nombres donnés par Thalén, dont les longueurs d'onde pour les métaux avaient cependant servi à construire ma courbe.

La différence, presque toujours par excès, va quelquefois jusqu'à 0,50, mes nombres étant en général plus forts. Je n'ai pas la prétention, surtout avec les appareils dont je pouvais disposer, de m'être plus rapproché de la vérité que M. Thalén, et je me borne à donner le tableau de mes mesures telles que je les ai obtenues.

Les raies les plus caractéristiques du tellure, dans les minéraux, sont :

En première ligne :

Te α	643.7	dans le rouge.
Te β	597.2	dans l'orangé.
Te γ	575.5	dans le jaune verdâtre.
Te δ	570.7	} dans le vert.
Te ϵ	565.1	

En seconde ligne :

	624.5	} dans le rouge.
	623.3	
	593.6	dans l'orangé.
	574.1	dans le jaune.
Te ζ	557.9	} dans le vert.
	548.8	
	536.7	

Spectre du Tellure.

Te α	665.00	Faible.	515.10	Assez bien visible, diffuse.
	643.72	Très forte (M).	513.30	Assez bien visible, diffuse.
	636.03	Assez forte.	510.85	Faible, diffuse.
	629.53	Assez forte (M).	503.95	Bien visible, diffuse (M).
	624.50	Forte (M).	489.45	Bien visible (M).
	623.33	Forte (M).	486.80	Forte, large (M).
Te β	604.97	Assez forte (M).	483.40	Bien visible, large, diffuse (M).
	601.50	Assez forte (M).	478.60	Bien visible (M).
	600.76	Assez forte.	470.66	Assez bien visible (M).
	597.25	Très forte (M).	468.90	Assez bien visible.
	593.60	Forte (M).	466.66	Faible.
	585.70	Faible (M).	465.46	Assez bien visible.
Te γ	585.07	Faible (M).	460.22	Large, diffuse.
	582.50	Faible (M).	448.60	Faible.
	580.60	Assez bien visible (M).	448.00	Large, diffuse, assez bien visible.
Te δ	575.55	Assez forte (M).	443.15	Diffuse, assez bien visible.
Te ϵ	574.17	Bien visible (M).	437.50	Faible.
Te ζ	570.72	Forte (M).	436.40	Faible.
Te η	565.10	Très forte (M).	435.30	Faible.
	561.93	Assez bien visible (M).	430.00	Faible (M).
	557.92	Forte (M).	425.85	Assez bien visible.
	548.86	Forte (M).	422.00	Bien visible.
	547.90	Forte (M).	417.00	Faible.
	545.05	Forte (M).		
Te θ	540.80	Forte (M).		
	536.75	Forte (M).		
	530.95	Forte (M).		
	529.85	Forte (M).		
	521.92	Assez bien visible.		
	517.45	Assez bien visible, diffuse.		

PHOSPHORE.

Mes recherches ne m'ont point amené à rencontrer du phosphore dans les minéraux. Cependant, M. Friedel ayant bien voulu me confier l'examen spectroscopique d'un phosphure provenant du fer météorique de Cañon Diablo, j'y ai identifié 15 raies du phosphore, en présence de celles du fer et du nickel. Voici les principales avec la désignation littérale grecque de M. Salet :

Ph α	(604.0) (602.5)
Ph β	(549.9)
Ph γ	(542.2)
Ph δ	(542.6)
Ph ε	(460.0) (458.8).

Ces mesures ont été faites deux fois seulement et avec un spectroscopé à deux prismes appartenant à la Faculté des Sciences (ancien laboratoire de M. Salet), dont la courbe de réglage, provisoirement construite à faible échelle, me donnait une exactitude notablement inférieure à celle des nombres ordinairement donnés dans le cours de ce mémoire.

ANTIMOINE.

Bien que l'antimoine ait toutes les propriétés physiques et une partie des propriétés chimiques des métaux, il ne fournit de spectre de lignes, soit seul, soit dans les minéraux, qu'avec l'étincelle condensée. On peut donc, comme pour les autres métalloïdes, éliminer son spectre pour simplifier celui d'un minéral, en supprimant le condensateur. — Il a été étudié avec soin, au point de vue spectral, par Huggins et Thalén. Malgré cela, je donne ici les mesures que j'ai obtenues parce que j'ai revu un certain nombre de raies signalées par Huggins et non encore mesurées directement en longueurs d'onde, Thalén ne les ayant pas mentionnées. — J'ai fait suivre de la lettre (M) les raies présentant un caractère analytique dans les minéraux. — Huit des plus fortes raies données par Thalén, étaient au nombre de celles qui m'ont servi à construire la courbe de transformation des divisions de mon micromètre en longueurs d'onde, elles ne figurent

donc que pour mémoire au milieu de mes mesures et ont été placées entre []. — Dans les minéraux, les raies rouges d'intensité moyenne, de l'antimoine, qui sont voisines du groupe du soufre S ψ , se confondent facilement dans celui-ci et l'attribution des raies dans ce cas est assez délicate, car la vivacité et le caractère des lignes des deux éléments est à peu près le même dans cette région.

Le véritable caractère de l'antimoine est dans ses fortes raies rouges orangées, faciles à distinguer au premier coup d'œil. — Pour les comparer à celles de l'arsenic, dont deux seulement ont une intensité comparable, on n'a qu'à se reporter à l'*Allemontite* (Sb As³). Les lettres grecques sont celles de M. Lecoq de Boisbaudran.

Les *raies les plus caractéristiques de l'antimoine dans les minéraux*, sont :

En première ligne :

Sb γ	612.9	} dans le rouge orangé.
Sb δ	607.8	
Sb α	600.4	
Sb ζ	{ 590.9 589.3	} dans le jaune orangé.
Sb ϵ	563.8	
Sb β_1	556.8	} dans le vert.
Sb β_2 (1)	546.4	

En seconde ligne :

624.6	} dans le rouge orangé.
615.5	
517.6	} dans le vert.
471.2	
469.2	} dans le bleu.
459.1	

(1) Invisible en présence de l'argent à cause de Ag α (546.4)

Spectre de l'Antimoine.

	(702. 0)	(¹) Assez bien visible (Huggins).		535.25	Bande, diffuse.
	684.35	Faible (M).	Sbη	524.06	Faible, diffuse (M).
	680.15	Assez forte (M).		517.60	Forte, large, diffuse (M).
	677.47	Assez forte (M).		514.13	Assez forte, diffuse (M).
	671.10	A peine visible.		511.30	Assez forte, diffuse (M).
	665.05	Faible (M).		508.90	Faible.
	651.26	Assez bien visible (M).		504.53	Assez bien visible (M).
	650.03	Assez bien visible (M).		503.56	Assez bien visible (M).
	646.40	Assez bien visible.		494.87	Bien visible (M).
	639.07	Forte (M).		487.82	Bien visible (M).
	631.85	Assez bien visible (M).		483.40	Bien visible, diffuse (M).
	630.18	(²) Forte, diffuse (M).		478.63	Assez bien visible, diffuse (M).
	628.26	Forte (M).		476.67	Assez bien visible, diffuse (M).
	624.60	Forte (M).		475.84	Assez bien visible, diffuse (M).
	620.80	Assez forte (M).		473.52	Assez bien visible, diffuse (M).
	619.60	Faible.		471.20	Assez forte (M).
	615.52	(²) Assez forte (M).		469.20	Assez forte (M).
Sbγ	612.87	(²) Très forte (M.).		462.00	Assez bien visible.
Sbδ	607.82	(²) Forte (M).		459.90	Assez bien visible.
	605.16	Forte (M).		459.05	Forte (M).
Sbα	600.37	(²) Très forte (M).		450.55	Faible (M).
	598.10	Faible (M).		445.60	Faible (M).
	590.90	Forte (M).		442.20	Faible (M).
Sbζ	589.35	Forte (M).		435.06	Forte (M).
	584.56	Faible (M).		431.36	Assez bien visible, diffuse.
	582.40	Faible.		426.35	Forte (M).
	579.22	Faible, diffuse (M).		421.93	Faible (M).
	571.45	Assez bien marquée (M).		419.43	Faible.
	570.03	Faible (M).		413.60	Faible.
	566.30	Assez bien visible.			
Sbε	563.81	(²) Forte (M).			
	560.70	Faible.			
Sbβ ₁	555.76	(²) Forte (M).			
Sbβ ₂	546.36	(²) Forte (M).			
	539.45	Faible, diffuse.			
	538.03	Forte (M).			

(1) Raie vue seulement par Huggins; j'ai pris la valeur qu'on a déduit de son échelle; cette partie de la courbe de graduation de mon spectroscope manquant de repères pour une détermination précise.

(2) Nombres donnés par Thalén et dont les quatre premiers chiffres ont servi de repères pour la construction de la courbe de graduation de mon spectroscope.

ARSENIC.

Lorsqu'on fait éclater l'étincelle d'induction non condensée, entre deux morceaux d'arsenic, ceux-ci s'enflamment et brûlent en donnant un spectre continu. Aussi beaucoup d'expérimentateurs se bornèrent, pour avoir les raies de l'arsenic, à faire éclater l'étincelle dans son chlorure et à retrancher, dans le spectre observé, les raies du chlore. Thalén opéra de cette manière et obtint ainsi seulement sept raies :

(616.95), (611.00), (602.15), (565.10), (555.80), (549.80),
(533.15).

Son travail, traduit et publié dans les *Annales de chimie et de physique*, devint classique, et les ouvrages français de spectroscopie, de chimie générale et d'analyse chimique n'ont jamais mentionné autre chose au sujet de l'arsenic. Il était cependant facile de constater que l'arsenic, comme le soufre, ne s'enflamme pas dans l'étincelle condensée et donne alors un spectre de plus de cinquante lignes facilement visibles. C'est ce qu'avaient fait, d'abord Huggins ⁽¹⁾, dont le travail, antérieur à celui de Thalén, mentionnait les positions des raies dans une unité arbitraire, puis M. Huntington ⁽²⁾, qui avait opéré dans l'hydrogène à basse pression, et enfin MM. Hartley et Adeney ⁽³⁾, qui ont photographié la partie réfrangible de son spectre à partir de (455.0). Avant d'avoir eu connaissance de ces travaux, j'avais fait l'étude de ce spectre, croyant me trouver en présence de raies nouvelles ; ce sont les mesures obtenues ainsi que je donne ici, d'abord parce que j'ai trouvé des

(1) HUGGINS. — *Phil. trans.*, 1864, p. 139.

(2) HUNTINGTON. — *Amer. Journ. of Sc.*, 22, p. 214.

(3) HARTLEY and ADENEY. — *Phil. trans.*, 1884, 1part. p. 63.

raies qui avaient été calculées indirectement en longueurs d'onde d'après Huggins, sans avoir été revues depuis, ensuite parce que mes mesures viennent confirmer celles de M. Huntington, faites dans des conditions toutes différentes, et spécifier la visibilité de celles de MM. Hartley et Adeney. J'ai fait suivre, dans le tableau, par la lettre (M) les raies qui ont été constatées dans les arséniures ou sulfoarséniures. J'ai désigné par des lettres grecques et à peu près suivant l'ordre de leurs intensités respectives, les principales raies de l'arsenic. Les sept de Thalén sont parmi les plus vives.

Les raies rouges $\text{As } \delta_1$, et $\text{As } \delta_2$ sont fortes et très caractéristiques en présence de l'antimoine. La raie (607.82) se confond avec la raie $\text{Sb } \delta$ (607.82) de l'antimoine et elles coïncident absolument par juxtaposition des spectres.

Dans le vert, $\text{As } \beta$, voisine du groupe β de l'air, l'est aussi de la forte raie de l'antimoine $\text{Sb } \varepsilon$, et se trouve au milieu du groupe $\text{S } \alpha$ du soufre, qu'elle éclipse en partie.

$\text{As } \alpha_1$ et $\text{As } \alpha_2$ assez voisines, sont fortes et caractéristiques, la seconde n'éteint pas le groupe du soufre $\text{S } \beta$ dont elle est rapprochée, et n'est pas éclipsée par les raies de l'argent $\text{Ag } \alpha$ et $\text{Ag } \gamma$.

$\text{As } \gamma$ se projette entre les deux raies du groupe du soufre $\text{S } \gamma$, avec une intensité à peine supérieure, dans les sulfoarséniures.

$\text{As } \varepsilon$ est bien visible en présence du cuivre et de l'argent, malgré la proximité des raies de ces métaux.

$\text{As } \zeta$ présente un aspect de bande très différent de celui des raies précédentes et facile à reconnaître; n'est pas visible en présence du cuivre à cause de $\text{Cu } \alpha_2$ (510.5).

As η , située sur les limites du vert, est moins forte que les précédentes, mais facilement reconnaissable.

Les raies bleues et violettes sont souvent confuses et présentent l'aspect de bandes, surtout dans l'arsenic pur. Dans les arséniures et sulfoarséniures assez arsenifères pour les donner, elles paraissent plus faibles, il est vrai, mais moins larges et moins confuses.

Au delà de (431.4), les raies que je donne avaient été seulement photographiées par Hartley et Adeney.

Les raies les plus caractéristiques de l'arsenic dans les minéraux sont :

En première ligne :

As δ_1	}	dans le rouge.
As δ_2		
As β	}	dans le vert.
As α_1		
As α_2		
As γ		
As ε		

En secondé ligne :

607.8	}	dans le rouge.
602.3		
As ζ	}	dans le vert.
As η		
488.6	}	dans le bleu.
462.3		

Spectre de l'Arsenic.

	640.45	Faible (M).		454.98	Diffuse, assez bien visible (M).
	634.80	Faible (M).			
	625.62	Faible (M).		453.75	Diffuse, assez bien visible (M).
As δ_1	616.94	Très forte (M).		449.60	Diffuse, assez bien visible (M).
	613.70	Faible (M).			
As δ_2	611.00	Forte (M).		447.30	Bande diffuse (M).
	607.82	Forte (M).		446.50	Bande diffuse (M).
	602.30	Forte (M).		445.73	Bande diffuse (M).
	585.60	Faible (M).		443.00	Diffuse, assez bien visible (M).
	583.10	Faible (M).			
	578.20	Faible.		441.27	Diffuse, faible.
As β	565.10	Très forte (M).		437.93	Diffuse, faible.
	561.90	Faible (M).		435.02	Diffuse, faible.
	559.45	Faible (M).		433.45	Diffuse, faible.
As α_1	555.78	Très forte (M).		431.37	Diffuse, assez bien visible (M).
As α_2	549.82	Très forte (M).			
	540.77	Très faible.		429.65	Vague.
	538.30	Très faible.		424.55	Vague.
As γ	533.01	Très forte (M).		422.90	Assez visible (M).
	528.70	Faible.		420.66	Assez visible (M).
As ε	523.06	Très forte (M).		419.62	Diffuse, assez visible (M).
	516.32	Bien marquée (M).			
As ζ	510.54	Très forte, large, diffuse (M).		412.10	Faible, à peu près confondue avec les raies de l'air.
As η	498.40	Forte (M).		408.20	Diffuse, assez visible.
	494.20	Faible.		406.50	Faible, diffuse.
	488.55	Assez forte (M).		403.55	Faible, diffuse.
	473.03	Bien visible, diffuse (M).			
	462.30	Assez forte (M).			
	459.40	Bien visible, diffuse (M).			

CHLORE.

Quoique n'étant pas conducteurs, la plupart des chlorures donnent très nettement les principales raies du chlore, par suite de leur volatilité dans l'étincelle.

On peut aussi tirer une étincelle d'une perle d'un chlorure fondu, c'est ce que j'ai fait, pour avoir un spectre du chlore, assez simple pour la comparaison, en employant le chlorure de sodium fondu.

Les mesures du tableau ci-joint ont été faites un trop petit nombre de fois chacune pour que je les donne à deux décimales. Lorsqu'il y a divergence entre les valeurs obtenues par M. Thalén et M. Hasselberg, celles de ce dernier m'ont paru les plus près de la vérité. La désignation des raies et groupes de raies par des lettres grecques est celle de M. Salet. La première, Cl α , est à peine visible dans les chlorures et je me suis borné à donner la valeur trouvée par M. Salet, elle n'a d'ailleurs été mesurée ni par M. Thalén, ni par M. Hasselberg.

Les groupes les *plus caractéristiques du chlore dans les minéraux* ou dans les chlorures fondus, sont :

En première ligne :

Cl ζ
Cl ε .

En seconde ligne :

Cl β
Cl γ
Cl δ .

Spectre du Chlore.

Cl α	611.0	Douteuse? (Salet).		497.3	Assez bien visible.
	545.6	Bien marquée.		492.4	Faible.
Cl β	544.3	Bien marquée.		491.6	Assez bien visible.
	542.3	Assez forte.		490.3	Assez forte.
	539.2	Bien marquée.	Cl ε	489.7	Assez forte.
	532.5	Très faible.		482.0	Forte.
Cl γ	522.0	Bien visible.		481.0	Forte.
	521.6	Bien visible.	Cl ζ	479.4	Forte.
Cl δ	510.3	Bien visible.		478.1	Bien marquée.
	507.7	Bien visible.		476.8	Bien visible.
	499.4	Assez bien visible.			

IODE.

Comme le chlore, l'iode apparaît dans ses composés volatilisés par l'étincelle condensée, ou mieux fondus dans celle-ci. Comme spectre-type, pour l'iode, j'ai pris l'iodure de potassium pur, fondu, qui donne les lignes de ce métalloïde très bien marquées et très nombreuses.

Dans mes recherches, n'ayant constaté qu'une fois la présence de l'iode, dans le chloriodure d'argent de Copiapo (Chili), je ne donne pas de tableau des raies, me bornant à renvoyer à la description spectroscopique de cet échantillon.

Métaux.

OR.

On trouvera le tableau des raies de ce métal à propos de l'*or natif* et les principales d'entre elles à la *Nagyagite*.

J'ai observé ainsi plusieurs raies qui n'avaient été trouvées que par M. de Boisbaudran dans le spectre du chlorure d'or en solution très concentrée et qui ne figurent pas dans les catalogues de raies donnés par Huggins, Thalén et Kirchhoff.

Les raies les plus *caractéristiques de l'or* sont :

En première ligne :

Au β	dans le rouge.	627.7
Au α	dans le jaune.	583.6
Au δ	dans le vert.	523.0
Au γ	dans le bleu.	479.2

En seconde ligne :

	595.5	dans l'orangé.
	586.2	dans le jaune.
Au ζ	565.3	} dans le vert.
Au ε	506.7	
	431.4	dans l'indigo.

ARGENT.

L'argent est facile à reconnaître dans les minéraux, même en faibles quantités, comme dans les *Galènes* argentifères.

Il est *caractérisé* en première ligne par les trois raies vertes intenses

$$\text{Ag } \gamma \text{ (547.0)} \quad \text{Ag } \alpha \text{ (546.4)} \quad \text{Ag } \beta \text{ (520.9)}$$

et en seconde ligne, lorsqu'il forme un des éléments constitutants du composé par les raies

$$(487.4) \quad (421.1) \quad (405.1)$$

les deux dernières ne figurent pas dans les tables ordinaires du spectre de l'argent. (421.1) a été signalée par M. de Boisbaudran dans la solution d'azotate d'argent, étincelle non condensée, et par M. Normann-Lockyer, puis MM. Liveing et Dewar dans le spectre d'arc. (405.1) n'a été vue jusqu'ici que par MM. Liveing et Dewar, et seulement dans l'arc. J'ai trouvé ces deux raies dans l'*Argyrose*, la *Polybasite*, la *Psaturose*, la *Hessite*, etc.

L'argent donne en outre un assez grand nombre de raies d'importance secondaire qu'on trouvera énumérées dans le tableau de l'*Argyrose* et que je ne répète pas ici. Quelques-unes n'avaient été vues que par M. Huggins, données

par lui en valeurs de son échelle particulière et omises depuis, dans les tables de Thalén principalement.

• MERCURE.

On trouvera, en se reportant au *Cinabre*, un très bon spectre type du mercure. Ce métal est facilement reconnaissable à première vue par ses raies peu nombreuses et très brillantes, visibles sans condensateur (les plus importantes du moins). Celles du vert $\text{Hg } \alpha$ et la double raie $\text{Hg } \gamma$ sont absolument typiques. $\text{Hg } \alpha$ (546.0) pourrait être confondue avec une des raies de l'argent $\text{Ag } \alpha$ (546.4), mais l'absence de $\text{Ag } \beta$ et la présence de $\text{Hg } \gamma$ empêchent le moindre doute, même avant toute mesure précise.

Sont caractéristiques du mercure dans les minéraux :

En première ligne :

	615.1	dans le rouge.
$\text{Hg } \gamma$	$\left\{ \begin{array}{l} 578.9 \\ 576.8 \\ 567.8 \end{array} \right\}$	dans le vert.
$\text{Hg } \alpha$	646.0	
$\text{Hg } \beta$	435.8	dans l'indigo.
$\text{Hg } \delta$	404.7	dans le violet

En seconde ligne :

	588.8	dans le jaune.
	495.8	dans le vert.
	398.3	dans le violet.

CUIVRE.

Le cuivre est un des métaux les plus faciles à reconnaître, même en très faibles quantités, dans les spectres des minéraux.

Les raies les plus *caractéristiques du cuivre* dans les minéraux sont :

$\text{Cu } \gamma$ (578.4) $\text{Cu } \delta$ (570.0) $\text{Cu } \alpha_1$ (571.7) $\text{Cu } \beta$ (515.3)
 $\text{Cu } \alpha_2$ (510.5)

les deux premières jaune et verdâtre, les trois autres d'un vert éclatant.

Et en seconde ligne par

(529.2) (495.5) (465.1) (427.5)

lorsque la teneur en cuivre du composé devient assez notable, par exemple entre 0,01 et 0,1. Je ne donne ces chiffres que pour indiquer très approximativement l'ordre de sensibilité du phénomène.

L'ensemble des raies du cuivre est donné à la *Chalcosine*.

PLOMB.

Avec l'étain, le plomb est le métal dont le spectre est le plus variable avec la nature de l'étincelle. Ses lignes sont faciles à obtenir dans les minéraux, même chez ceux qui n'en contiennent qu'une faible quantité. On trouvera les longueurs d'onde de ses raies à la galène et aux nombreux minéraux dont il est un des éléments constitutants. Pour sa recherche avec l'étincelle condensée, il ne faudrait pas se rapporter à la planche de l'atlas de M. Lecoq de Boisbaudran, du moins quant à l'intensité relative des raies, car cette planche représente le spectre du plomb, sans condensateur. J'ai employé néanmoins les désignations littérales grecques de ce savant, bien que les conditions fussent différentes, afin d'éviter des confusions. Je me suis borné à ajouter deux désignations nouvelles $\text{Pb } \phi$ pour la raie (438.6) et $\text{Pb } \psi$ pour (424.6). Ces deux belles lignes violettes étant de beaucoup les plus remarquables.

Raies les plus *caractéristiques du plomb* dans les minéraux :

En première ligne :

	665.6	dans le rouge.
Pb γ (560.7)	}	dans le vert.
Pb ζ (537.2)		
Pb φ (438.6)	}	dans l'indigo.
Pb ψ (424.6)		

En seconde ligne :

Pb ϵ (600.2)	dans le rouge.
Pb δ (520.4)	} dans le vert.
Pb β (500.5) ⁽¹⁾	
Pb α (406.2)	dans le violet.

ZINC.

Le minéral le plus riche en zinc, la blende, n'est malheureusement pas conducteur. Sa translucidité pouvait le faire prévoir, mais de plus il ne se volatilise pas dans l'étincelle. La méthode qui fait l'objet de ce travail ne lui est donc pas applicable.

Une foule de minéraux, étudiés plus loin, et contenant soit une certaine quantité de zinc, soit de très faibles traces de ce métal, permettent d'en reconnaître facilement la présence par l'apparition de sa raie rouge et de ses trois raies bleues, très brillantes. Lorsque cet élément est plus abondant, on voit apparaître deux larges raies verdâtres diffuses sur la limite du bleu.

(1) La raie Pb α (500.5) est ordinairement confondue avec la seconde raie (500.4) du groupe de l'air ; on peut cependant faire disparaître celui-ci avec une étincelle très courte et un échantillon très conducteur.

Sont *caractéristiques du zinc* dans les minéraux :

En première ligne :

Zn β (636.2)	dans le rouge.
Zn α (481.0)	} dans le bleu.
Zn γ (472.2)	
Zn δ (467.9)	

En seconde ligne :

610.2	} dans le rouge.
602.3	
589.4	dans le jaune orangé.
492.4	} dans le vert bleuâtre.
491.1	

ÉTAIN.

Le spectre de l'étain n'est pas constant et l'importance relative des raies varie d'une manière considérable avec la nature de l'étincelle. On le trouvera tel qu'il se présente avec l'étincelle condensée, dans les conditions où j'opère, en se reportant à la *cassitérite*, page 67, qui donne le même spectre que l'étain libre. On se rendra compte des variations auxquelles je fais allusion en comparant ce spectre de la cassitérite à celui de l'étain dans l'ouvrage de M. Lecoq de Boisbaudran (bichlorure d'étain en solution, étincelle non condensée). Mais je me suis assuré d'autre part que des variations dans l'importance de la bobine, pourvu que son fil induit soit long et fin, et que l'étincelle ait chargé un condensateur de surface notable, à partir de 15 décimètres carrés, par exemple, que ces variations, dis-je, n'influaient pas sur la valeur relative des raies.

Les raies *les plus caractéristiques de l'étain dans les minéraux* sont :

En première ligne :

645.2	dans le rouge.
579.8	dans le jaune.
558.8	} dans le vert.
556.2	
Sn α 452.4	dans le bleu.

GERMANIUM.

Dans l'*argyrodite*, où l'on trouvera plus loin les principales raies du germanium, ce métal est reconnaissable par deux larges et très fortes raies, aussi visibles que celle du sodium, avec laquelle paraît se confondre l'une d'elles lorsqu'on la voit avec un seul prisme. Cette réaction, très nette et facile à obtenir, permet la recherche facile du germanium dans les minéraux métalliques.

Sont *caractéristiques du germanium* dans les minéraux :

Ge α (602.0)	dans l'orangé.
Ge β (589.1)	dans le jaune orangé.

BISMUTH.

Les minéraux contenant ce métal sont assez bons conducteurs et ils donnent toujours un spectre riche en lignes du bismuth. Bien que les analogies de ce corps avec l'antimoine le rapprochent des métalloïdes, il peut donner un spectre de lignes sans condensateur, ce qui le sépare nettement de ceux-ci. Avec l'étincelle condensée,

les principales lignes sont celles que je donne dans le spectre de la *bismuthine*. En présence de plusieurs métaux réunis, tels que le plomb, le cuivre, l'argent, cas qui se présente fréquemment, et que j'ai étudié dans un tableau spécial à la suite de la bismuthine, ce corps est facilement reconnaissable, surtout à sa raie intense Bi α (472.2) dans l'indigo.

Les raies *les plus caractéristiques du bismuth dans les minéraux* sont :

En première ligne :

Bi γ	520.8	} dans le vert.
Bi ϵ	514.4	
	512.3	
Bi α	472.2	dans le bleu.
Bi δ	411.9	dans le violet.

En seconde ligne :

	612.9	} dans le rouge.
	605.7	
	571.6	} dans le vert.
Bi β	555.3	
Bi ζ	430.2	} dans l'indigo.
	425.9	

FER.

Le nombre des lignes du fer est variable dans les minéraux, suivant qu'on a affaire à un sulfure ou à un oxyde, mais les raies caractéristiques sont les mêmes. L'aspect général en est donné par la planche XVIII (perchlorure de fer étincelle) de l'atlas de M. de Boisbaudran, avec cette différence que la condensation de l'étincelle rend

les groupes de l'indigo prédominants en intensité, et affaiblit ceux du rouge. J'ai gardé les désignations littérales de cette figure.

Les oxydes donnent des spectres beaucoup moins riches en lignes que les sulfures et très voisins de la planche dont je viens de parler. Les raies sont fines et tranchées, aucune n'est nébuleuse. On en trouvera le tableau à propos de l'*oligiste*. J'ai eu les mêmes résultats en tirant directement l'étincelle entre deux morceaux de fer doux ou de fil de clavecin.

Les sulfures de fer ainsi que les sulfo-arséniures et sulfo-antimoniures donnent en outre des raies précédentes un grand nombre des raies du fer *dans l'arc électrique*, et dans le cas de lignes communes à celui-ci et au spectre d'étincelle ordinaire, l'intensité relative est toujours celle de l'arc. On pourra facilement s'assurer du fait en comparant le tableau que je donne pour la *pyrite* avec ceux fournis parallèlement pour les spectres d'étincelle et d'arc dans l'« Index of Spectra » de Watts (1).

Les sulfo-arséniures et sulfo-antimoniures, moins riches en fer, ont aussi des spectres moins compliqués; leurs éléments constitutants donnent des raies vives, qui se projettent sur celles du fer, en les dépassant beaucoup en éclat, sauf dans le violet.

Les raies les plus *caractéristiques du fer dans les minéraux* sont :

En première ligne :

441.5	dans le bleu.
Fe γ	} dans l'indigo.
Fe η	
Fe λ	

(1) Manchester. 1889.

En seconde ligne :

Fe θ	}	dans le vert.
Fe ε		
Fe α		
Fe δ		
Fe β		
Fe ζ		dans le bleu.

Pour les λ des groupes, voir *Oligiste* ou *Pyrite*.

NICKEL.

Comme dans le cas du fer, on obtient avec le sulfure des raies plus nombreuses qu'avec le métal directement.

Ces raies sont les mêmes que M. Lecoq de Boisbaudran avait obtenues avec le chlorure de nickel, étincelle, et que représente la planche de son atlas, j'ai eu en outre la raie (599.6) trouvée dans le spectre d'arc seul, du nickel par M. Cornu.

On trouvera un tableau complet des raies du nickel à la *Millérite*.

Les raies les plus *caractéristiques du nickel* dans les minéraux sont :

En première ligne :

Ni α	547.6	}	dans le vert.
Ni β	508.1		
Ni γ	471.4		dans le bleu.
Ni ζ	440.2		dans l'indigo.

En seconde ligne :

617.6	}	dans le rouge.
611.5		
589.2		dans le jaune orangé.

Ni θ	514.2	} dans le vert.
Ni η	509.9	
Ni ε	498.3	
	498.0	

COBALT.

On reconnaît facilement de faibles quantités de cobalt en présence du nickel et du fer, par exemple dans l'*Ulmannite*, où l'analyse n'en décèle que des traces. On trouvera les principales raies du cobalt à la *Cobaltine*, où elles sont accompagnées de celles du fer. Les plus faciles à reconnaître à première vue forment les groupes Co γ , Co ζ , Co ι , bien isolés de ceux du fer et des raies du nickel et situés dans le bleu.

Voici les raies *les plus caractéristiques du cobalt dans les minéraux* :

En première ligne :

Co γ	486.7	} dans le bleu.
Co ζ	483.9	
Co ι	481.4	
	479.2	
	478.0	

En seconde ligne :

Co ε	548.2	} dans le vert.
Co α	535.3	
	535.4	
Co β	527.9	
	526.7	
	526.6	
Co δ	521.2	} dans l'indigo.
Co θ	453.0	

TITANE.

On trouvera le tableau des raies principales de ce métal au paragraphe *Oxydes de titane* (rutile, anatase, brookite).

Avec un seul prisme, son spectre est caractérisé par des bandes striées, rappelant les bandes cannelées des spectres primaires des métalloïdes, mais facilement résolubles avec le spectroscopé à deux prismes en lignes nettes et brillantes.

Les raies les plus *caractéristiques du titane* dans les minéraux sont :

En première ligne :

625.7 dans le rouge.

En seconde ligne :

551.4	}	dans le vert.
521.0		
506.5		
457.2	}	dans le bleu.
456.3		
455.1		
453.6		

et surtout l'*aspect général*.

MOLYBDÈNE.

Le spectre du molybdène, qu'on trouvera étudié à propos de la *Molybdénite* est formé de lignes fines, très tranchées et brillantes, analogues à celles du titane, mais beaucoup moins nombreuses. La présence du condensateur ou sa suppression ne semblent pas avoir grand effet, du moins avec la *Molybdénite*. Les trois principales raies vertes

forment un groupe de lignes voisines, faciles à reconnaître à première vue.

Sont *caractéristiques du molybdène* dans les minéraux :

602.9	dans l'orangé.
588.8	dans le jaune orangé.
556.9	} dans le vert.
553.2	
550.5	

MAGNÉSIUM.

N'a pas été rencontré comme élément constituant dans les minéraux étudiés, mais comme accessoire, provenant sans doute de la gangue. Dans ces conditions, le magnésium est indiqué très facilement par un groupe de trois raies vertes très fines, voisines et vives. On a pris pour spectre de comparaison celui de l'étincelle éclatant entre deux fils de magnésium et obtenu ainsi une raie verte absente en général dans les auteurs qui s'en sont occupés, et vue seulement par Lieving et Dewar qui lui donnent la valeur (571.07).

Sont *caractéristiques du magnésium* dans les minéraux :

En première ligne :

Mg α	$\left\{ \begin{array}{l} 518.3 \\ 517.2 \\ 516.7 \end{array} \right\}$	dans le vert.
-------------	---	---------------

En seconde ligne :

Mg β	552.7	dans le vert.
------------	-------	---------------

CALCIUM.

J'ai rencontré quelquefois le calcium comme élément accessoire, probablement par suite des gangues calcaires,

et principalement dans les chlorures. En faisant éclater l'étincelle sur une perle de chlorure de sodium fondu, sel gemme ou sel marin, on a au milieu des raies du sodium et du chlore, celles du calcium en abondance. Quand le calcium est à l'état de chlorure, ce qu'il est toujours facile d'obtenir par addition d'une goutte d'acide chlorhydrique, on peut aisément le reconnaître en supprimant le condensateur ; on a alors le très beau spectre du chlorure de calcium qui forme la planche XII de l'atlas des « Spectres lumineux » de M. Lecoq de Boisbaudran. La confrontation avec cette gravure très exacte est de beaucoup le procédé le plus simple de reconnaître le calcium, dont le groupe de bandes rouges est bien différent de ceux du baryum et du strontium.

Je donne cependant ci-dessous un tableau des principales raies qui se présentent dans l'étincelle condensée ; je me borne aux plus fortes pour ne pas augmenter ce mémoire ; on trouvera les autres dans l'excellent « Index of Spectra » de Watts.

Raies du Calcium.

646.0	Très forte.		558.8	Très forte.
645.2	Forte.		445.4	Très forte.
643.8	Très forte.		443.5	Très forte.
616.2	Forte.		442.5	Très forte.
612.1	Forte.		422.6	Très forte.
560.0	Très forte.	H ₁	396.8	Forte
559.4	Très forte.	H ₂	393.3	Forte
				} à la limite de visibilité.

TROISIÈME PARTIE

SPECTRES DES MINÉRAUX

Métaux natifs.

Les *métaux natifs* donnent évidemment de bons spectres sur lesquels nous n'avons pas à insister. L'or natif seul m'a donné des résultats valant la peine d'être présentés ici. Je n'ai pas trouvé de différences sensibles entre les spectres des métaux et ceux de leurs oxydes, dans l'étincelle condensée. On a fait la comparaison en juxtaposant les deux spectres dans le champ du spectroscopie et ils ont paru identiques, à l'intensité près, celui du métal libre étant seulement un peu plus vif.

OR NATIF (*Echantillon venant des Iles Philippines*).

L'*Or natif*, donne un spectre de lignes brillantes, mélangées à celles de l'air, qu'on ne peut arriver à faire disparaître. Outre les raies de l'or, les trois principales raies de l'argent sont très vives, ce qui ne doit point surprendre, l'or natif contenant toujours des proportions notables d'argent qui peuvent s'élever jusqu'à 20 0/0. Le spectre de l'or montre, outre les lignes mesurées par Thalén, d'autres moins fortes signalées par Huggins, et aussi plusieurs raies très marquées qui n'avaient été vues jusqu'ici que dans le chlorure d'or (étincelle) par M. Lecoq de Boisbaudran. A part les deux

premières raies, les valeurs données dans le tableau, sont celles de mes mesures, et sont plus voisines de celles de M. Lecoq de Boisbaudran que de celles de M. Huggins.

Après l'expérience, il s'est formé un léger dépôt noir sur les pinces.

Or natif.

	Au	Ag	
	630.4		Très faible (valeur de Huggins).
	629.1		—
Au β	627.7		Très forte, étroite.
	596.0		Assez forte.
	595.5		Forte.
	588.0		Diffuse.
	586.2		Assez forte.
Au α	583.6		Très forte.
	578.7		Faible, diffuse.
	575.8		Bien visible.
	572.5		Bien (signalée seulement par L. de B.)
Au ζ	565.6		Assez forte.
	559.9		Très faible (signal. seul. par L. de B.)
	557.9		Bien marquée.
Ag γ		547.0	Assez forte.
Ag α		546.4	Très forte.
		540.2	Diffuse, assez visible.
	525.9		Bien marquée (vue seul. par L. de B.)
Au δ	523.0		Très forte.
Ag β		520.9	Très forte.
	514.2		Diffuse, assez bien visible (L. de B. seulement).
Au ϵ	506.4		Assez forte.
	481.0		Bien marquée.
Au γ	479.2		Très forte.
	460.8		Bien marquée.
	448.8		Forte, nouvelle mesure 448.9.
	443.6		Assez bien visible (L. de B. seul.).
	431.4		Assez forte (L. de B. seulement).
	406.5		Bien marquée (L. de B. seulem.).

Oxydes.

OLIGISTE, Fe^2O^3 .

Ce minéral, transparent en lames minces, est peu conducteur et surtout difficilement volatilisable dans l'étincelle. On arrive cependant à obtenir un spectre du fer peu intense mais parfaitement net, et où les raies de l'air sont peu marquées, en opérant sur les rhomboèdres basés très aplatis et polis, dits « oligiste spéculaire » qu'on trouve dans les *Trachytes*, et notamment dans la *Dômite*. On a avantage à opérer sur de petites lames pointues. Les extrémités par lesquelles passe l'étincelle deviennent pulvérulentes et d'un rouge ocreux. Sans condensateur, le minéral rougit plus facilement en laissant voir cependant à peu près les mêmes raies.

On remarquera l'absence de raies dans le rouge et le jaune, et celle des raies spéciales à l'arc électrique, si nombreuses dans la *Pyrite*. Il faut opérer avec un courant primaire le plus fort possible, et par suite, avec une pile à grande surface et à éléments fraîchement montés. Dans son aspect général, ce spectre rappelle celui du chlorure de fer décrit par M. Lecoq de Boisbaudran, surtout au point de vue des groupes de lignes du vert, du bleu et du violet. Il est, je le répète, très différent de celui de la pyrite, abstraction faite des raies du soufre visible dans celle-ci.

Oligiste.

	Fe			Fe	
θ	561.4	Assez bien marquée.		470.6	Assez bien marquée.
	558.6	— —		458.1	— —
	540.5	— —		454.7	— —
	540.3	— —		452.8	— —
ε	538.3	— —		441.5	Forte.
	537.0	Bien marquée.		440.4	—
	532.8	— —	γ	438.3	—
α	532.4	Assez bien marquée.		432.5	—
	527.0	Bien marquée. (E. de Frauenhofer.)	η	431.4	—
	523.2	Assez bien marquée.		430.7	—
	522.6	— —		428.6	Faible.
δ	519.4	— —	λ	427.1	Forte.
	517.1	— —		426.0	Assez forte.
	514.0	— —		425.0	Assez bien visible.
	501.8	— —		423.5	— —
β	496.0	Assez forte.		420.2	— —
	492.2	— —		414.3	— —
γ	489.2	— —		413.1	— —
	487.7	Bien marquée.		407.1	Assez forte.
	486.0	— —		406.3	—
				404.5	—

OXYDES DE TITANE : ANATASE, RUTILE, BROOKITE.

Ces minéraux sont peu conducteurs, et se montrent assez réfractaires à la volatilisation dans l'étincelle. Ils donnent cependant, en petits fragments plats et lorsque le contact se fait bien avec la pince, par exemple dans le cas d'une face d'octaèdre d'*Anatase*, un assez bon spectre du titane. Mais il faut se méfier des raies de l'air et du platine qui reparaissent facilement. Le spectre du titane, dans ces conditions, est caractérisé à première vue par des *groupes* de lignes brillantes, nombreuses et serrées, dans le vert et le bleu ; ces groupes ne sont pas résolubles avec un seul prisme et rappellent alors les bandes cannelées des spectes des

métalloïdes. Je ne donne que les raies mesurées avec le spectroscope à deux prismes. En dehors des groupes le fond du spectre est parsemé d'autres lignes plus faibles, d'autant plus difficiles à mesurer que le minéral étudié devient facilement incandescent. On a par suite avantage à augmenter la surface du condensateur; j'ai employé trois jarres donnant une surface totale de 34⁰⁹. Les lignes les plus brillantes sont (623.7) dans le rouge, (531.4), (521.0), (506.5) dans le vert, (457.2) (456.3) (455.1) (453.6) dans le bleu.

L'*Anatase*, du Valais et du Dauphiné, en petits octaèdres aigus, a donné d'assez bons résultats. La variété de *Brookite*, appelée *Arkansite* (collection de l'École des Mines), a présenté le même spectre.

Après l'opération, les fragments du minéral, examinés à la loupe, ont présenté des traces de fusion, et formation de petits globules noirs. Le *Rutile* n'a pour ainsi dire donné que les raies de l'air et du platine des pincés, cependant j'ai vu apparaître par instants quelques-unes des raies du titane. Je crois qu'en opérant sur des lames de *Rutile* taillées, à surfaces polies, on obtiendrait de meilleurs résultats, le contact avec les pincés se faisant mieux.

Oxydes de Titane (TiO²). — Anatase, Brookite, Rutile (?)

Ti		Ti	
625.7	Très forte.	500.7	Forte.
566.3	Bien marquée.	500.0	—
564.3	—	499.1	—
551.4	Très forte.	498.1	—
551.3	Assez forte.	491.3	Assez forte, double.
550.3	—	490.0	Assez forte.
547.9	—	488.5	—
529.6	Bien marquée.	487.0	—
528.3	—	485.6	—
526.6	—	484.0	—
522.6	Forte.	480.6	—
522.3	—	478.0	Assez bien marquée.
521.0	Très forte.	476.0	Assez forte.
519.3	Forte.	457.2	Forte.
518.8	—	456.3	Assez forte.
517.4	—	454.9	Forte.
512.8	Bien marquée.	453.6	Forte bande.
512.2	—	453.2	
511.3	—	450.1	Forte.
507.1	—	446.7	Assez forte.
506.5	Très forte.	444.3	—
504.3	Forte.	441.8	—
503.8	Forte large.	439.4	Forte.
503.6		433.7	Assez forte.
502.5	Limites d'un groupe de quatre raies, fines, vives.	431.3	—
502.0		430.5	—
501.6		430.0	Forte.
501.3	Forte.	423.6	Assez bien visible.
	—		

ILMÉNITE, FER TITANÉ.

L'ilménite donne sans difficultés mais avec une étincelle assez forte, un spectre de lignes brillantes, nettes, serrées par groupes, très voisin à première vue de celui de l'oligiste.

On reconnaît cependant facilement les raies les plus vives du spectre du titane, surtout la ligne rouge 625.8 très forte, qui avec le groupe de lignes bleues vives, entre 457 et 450

est absolument caractéristique du titane en présence du fer.

Les principaux groupes du fer sont bien visibles dans le vert et le violet ; le spectre de ce métal se présente comme dans l'*Oligiste*, sans la multiplicité des lignes secondaires qui se présentent dans la pyrite, raies de l'arc pour la plupart. La distinction des raies du titane n'offre donc pas de difficultés sérieuses, sauf pour quelques-unes d'intensités égales et de positions très voisines dans les deux spectres. Voici les principales; j'ai fait suivre de la mention « caractéristique » les raies les plus faciles à reconnaître à la première inspection.

Raies du Titane, dans l'Ilménite.

Ti	
625.8	Très forte, caractéristique.
606.5	Assez forte.
564.5	Assez bien marquée.
551.4	Très forte, double, caractéristique.
521.0	Assez bien marquée.
506.6	Assez forte.
504.0	Bien visible, large.
501.7	
500.7	
500.0	} Caractéristique, groupe de fortes lignes, nettes, bien distinctes du groupe α de l'air.
499.1	
498.3	
488.5	Bien marquée, intercalée dans le groupe Fe ζ .
457.1	Forte.
456.4	Assez forte.
455.2	Forte.
453.6	Très forte, large
450.2	Bien marquée.
446.9	Assez bien marquée.
439.4	Forte, intercalée dans le groupe Fe γ .
429.9	Assez forte.
423.6	Bien visible.

L'étincelle est d'un blanc bleuâtre, le fragment (—) rougit assez facilement, ce qui arrive toujours sans condensateur.

CUPRITE. CuO . (*Échantillon du Chili.*)

Se montre peu conductrice, mais donne cependant très facilement les raies si caractéristiques du cuivre. Il est difficile de se débarrasser du spectre de l'air. En humectant d'acide chlorhydrique on a aussitôt un très beau spectre complet du cuivre.

SÉNARMONTITE. Sb^2O^3 . (*Echantillon de Constantine.*)

N'est pas conductrice, mais se volatilisant assez facilement dans l'étincelle condensée, donne les principales raies de l'antimoine, très belles dans le rouge. L'addition d'acide chlorhydrique ne modifie pas l'aspect du spectre.

OXYDES DE MANGANÈSE. MnO^2 .

Comme la *Pyrolusite*, dont l'aspect terreux l'aurait fait prévoir, la *Hausmannite*, malgré son éclat, n'est pas conductrice ni volatilisable. Même la *Hausmannite* zincifère, d'Ilmenau, ne donne rien.

DELAFOSSITE. $(\text{Fe}^2, \text{Al}^3)\text{O}^3, \text{Cu}^2\text{O}$.

Ekaterinenbourg (Sibérie). (Collection de l'École des Mines.)

Mauvais conducteur, ce minéral donne cependant au milieu des raies de l'air, le spectre du cuivre avec quelques raies de fer, mais il devient bientôt incandescent, en donnant un spectre continu.

CASSITÉRITE. SnO^2 . (Cornouailles.)

Donne un très bon spectre de l'étain, avec toutes les lignes mesurées par Thalén et deux autres (603.8) (676.0) signalées seulement par Huggins, dans le rouge. Comme je l'ai fait remarquer en commençant, ce spectre est absolument différent de celui donné par la bobine seule, sans condensateur, avec laquelle (645.2) dans le rouge, et les deux grosses et fortes raies (558.8), (556.2) sont à peine visibles.

Étain.

683.8	Assez forte, nette.		533.0	Forte, formée de deux raies diffuses.
676.0	(Environ) faible.		528.9	Faible.
645.2	Très forte.		522.4	Assez forte.
579.8	Forte.		510.0	—
563.0	Faible.		502.0	Très faible.
558.9	Très forte, large, diffuse.		492.3	Assez bien visible.
556.2	Très forte, large, diffuse.		485.8	Assez forte.
536.6	Assez forte.	Sn α	458.4	Forte.
534.7	Assez forte.		452.4	Très forte.

Sulfures.

GALÈNE Pb S .

La *Galène* donne, avec la plus grande facilité, un beau spectre résultant de la superposition des raies brillantes et larges du plomb, aux groupes de lignes fines et nettes du soufre.

La raie (665.6) du plomb qui n'a pas reçu de désignation spéciale, est très vive, elle ne figure pas dans l'Atlas des Spectres lumineux, de M. Lecoq de Boisbaudran, non plus que la raie 679.0 bien visible aussi dans les minéraux. Les

deux raies violettes de ce métal (438.6) et (424.6) étant absolument caractéristiques du plomb avec l'étincelle condensée, je les ai désignées par les lettres $Pb\varphi$ (438.6) et $Pb\psi$ (424.6). Elles sont plus fortes que $Pb\alpha$. Les groupes du soufre sont facilement visibles jusqu'au violet. Je n'ai pas fait figurer sur le tableau le groupe $S\mu$, car la galène, contenant toujours de petites quantités de fer, celui-ci donne des raies assez visibles dans le violet, et coïncidant à très peu de chose près, avec les faibles raies du groupe $S\mu$ du soufre.

Presque toutes les *Galènes* donnent les raies du zinc, vives mais intermittentes :

$Zn\beta$ (636.0), $Zn\alpha$ (480.9), $Zn\gamma$ (472.2), $Zn\delta$ (467.9).

On voit aussi, mais moins fréquemment, les larges raies (492.4) et (491.1) correspondant sans doute à une teneur plus notable en zinc.

Ce métal semblerait plutôt être mécaniquement interposé que combiné, si l'on considère l'intermittence et l'irrégularité de son apparition dans un même fragment; il se comporte de même dans la *Chalcopyrite*. Certaines galènes donnent les raies de l'antimoine, surtout visibles dans le rouge, et dégagent alors des fumées blanches se condensant sur les pincettes en un léger dépôt d'oxyde d'antimoine. L'adjonction du spectre de l'antimoine à ceux du plomb et du soufre a donné lieu à l'établissement d'un tableau qu'on trouvera aux « sulfoantimoniures de plomb ». Comme je l'ai dit, toutes les galènes donnent plus ou moins les principales raies du fer, à peine visibles dans le vert et le bleu, mais faciles à reconnaître dans le violet moyen, jusqu'à la région où les trois fortes raies $Pb\varphi$, $Pb\psi$ et $Pb\alpha$ les éteignent absolument par leur intensité.

Recherche de l'argent dans les galènes. — Dans ses belles recherches sur les spectres électriques des alliages, et dans ses tentatives de créer une méthode d'analyse spectrale quantitative, M. Normann Lockyer a constaté ⁽¹⁾ que dans le spectre d'étincelle d'un plomb contenant 0,01 d'argent, trois raies de ce dernier métal apparaissaient seulement et avec une faible intensité :

Ag γ (547.0) courte.

Ag α (546.4) longue.

Ag β (520.9) moyenne.

Si la teneur en argent diminuait jusqu'à 0,005 d'argent, Ag γ disparaissait, enfin entre 0,005 et 0,002 d'argent, la raie longue Ag α seule subsistait pour disparaître à 0,001 d'argent. Comme on le voit, la sensibilité de l'examen spectroscopique, pour les raies de l'argent n'est pas très grande. Il y a de plus une certaine incertitude dans ces résultats, d'après M. Lockyer lui-même, car ce savant s'est aperçu de l'extrême irrégularité des différentes parties de certains alliages, bien que ceux-ci aient été préparés avec les plus grands soins.

Comme les autres minéraux, les *Galènes* offrent, je l'ai montré, les propriétés spectrales des alliages. Leur teneur en argent varie, en général, entre quelques millièmes et un centième de ce métal, c'est-à-dire précisément dans les limites où M. Lockyer a établi que trois des raies de l'argent disparaissaient avec le décroissement centésimal du métal précieux. J'ai donc été amené à examiner plusieurs galènes de provenances et de teneurs différentes. Une première, de Thuringe, en gros cubes de clivage, ne m'a donné aucune

(1) *Studies in Spectrum analysis*. London, 5th, ed. 1894.

des raies de l'argent. Deux galènes argentifères, l'une de Pierrefitte (Hautes-Pyrénées), l'autre de Pontgibaud (Cantal), ont donné les deux raies $\text{Ag } \alpha$ et $\text{Ag } \beta$.

M. Adolphe Carnot ayant bien voulu me remettre deux galènes, analysées à l'École des Mines, l'une de Saint-Léger (Savoie), contenant ⁽¹⁾ environ 0,002 d'argent, l'autre d'Al-loué (Charente), contenant environ 0,0004 de ce métal, j'ai vu les raies $\text{Ag } \alpha$ et $\text{Ag } \beta$, assez fortes et très nettes, d'une intensité à peu près égale dans les deux échantillons. Quant à la raie (547.0) $\text{Ag } \gamma$ signalée par M. Lockyer dans l'alliage plomb-argent au centième, je ne l'ai vue dans aucune galène, d'ailleurs même si la teneur du minéral en permettait la présence, sa recherche serait très difficile, et en tout cas incertaine, par suite du voisinage de la raie du soufre (547.2) du groupe $\text{S } \beta$, qui est assez forte.

Ce voisinage devient presque une coïncidence quand on emploie les spectroscopes à faible dispersion en usage dans les laboratoires de chimie. Ainsi dans le spectroscope à deux prismes, qui a servi à cette étude, les longueurs d'onde $\text{S } \beta$ (547.2) — $\text{Ag } \gamma$ (547.0) correspondent à une différence d'environ 0,2 division micrométrique, d'autant plus difficile à évaluer que l'intensité de la raie du soufre serait certainement plus considérable.

(1) Plomb, 59,40 0/0; argent, 372 gr. par 100 kg. de plomb.

(2) Plomb, 20,60 0/0; argent, 190 gr. par 100 kg. de plomb.

Galène.

	λ Pb	λ S	
S φ	679.0		Assez facilement visible.
	665.6		Très forte.
		657.5	Faible.
	645.2	641.6	Assez bien visible.
		640.1	Faible.
S ψ		638.9	Assez bien visible.
		632.0	—
		630.8	Assez forte.
		629.0	—
			—
Pb ε	604.9		Très faible.
	604.0		Faible.
	600.2		Forte.
	589.5		Bien visible.
	587.4		Faible.
S α	585.6		Assez bien visible.
	582.3		Faible.
		581.6	—
		567.2	Bien marquée.
		565.1	Assez forte.
Pb γ		564.2	—
		562.2	Assez bien visible.
	560.7		Très forte.
		558.3	Assez bien marquée.
		556.8	Bien marquée.
S β	554.6		Forte, diffuse.
		552.7	Faible.
	552.3		—
		551.3	Assez bien marquée.
		547.2	—
Pb ζ		545.2	Assez forte.
		543.4	—
		542.9	Bien marquée.
	537.2		Très forte.
		534.3	Assez forte.
S γ		532.0	—
	527.4		—
		522.7	Faible.
		521.9	Assez forte.
		521.2	—
S δ			Faible.
	520.7		Forte.
	520.1		Faible.
	518.9		Assez forte.
	516.3		Faible.
Pb δ		514.2	Faible.
	504.5		Assez forte.
		503.1	Bien marquée.
		502.1	Faible.
		501.4	Assez forte.
S ε			Forte.
			Faible.
Pb β	500.4		
		499.4	

	λ Pb	λ S	
S ζ		492.5	Bien marquée.
S η		481.4	Faible.
	480.2	—	—
	476.0		Assez forte, diffuse.
S θ		471.6	Faible.
Pb φ	438.6		Très forte, large.
Pb ψ	424.6		—
	416.7		Faible.
Pb α	406.2		Forte.

ARGYROSE Ag^2S .

Ce minéral possédant la propriété d'être sectile, on en coupe des copeaux pour faire passer entre eux l'étincelle, qui se produit facilement, l'argyrose paraissant assez bonne conductrice. Cette étincelle est très lumineuse et d'un beau vert. Après l'opération, les pinces ont noirci, probablement par un dépôt de sulfure volatilisé, ou plutôt d'argent très divisé (1). Ce spectre est caractérisé par l'intensité considérable des deux raies vertes de l'argent $\text{Ag}\alpha$ (546.4), $\text{Ag}\beta$ (520.9) qui sont éclatantes. Je ne connais que la raie du Thallium $\text{Tl}\alpha$ qui leur soit comparable, les raies du cuivre sont certainement moins fortes. Une troisième raie de l'argent $\text{Ag}\gamma$ (547.0), voisine de $\text{Ag}\alpha$, est forte et aussi caractéristique. Ces trois raies décèlent la présence de l'argent dans les composés, même quand il s'y trouve en très faible quantité (quelques millièmes). Les autres raies de l'argent sont bien visibles, mais sans offrir de caractère spécial.

(1) On obtient ce même dépôt noir avec l'or natif toujours plus ou moins fortement argentifère.

Les deux plus réfrangibles (421.1) et (405.0) n'ont été signalées, la première que par M. Normann Lockyer, la seconde que par MM. Liveing et Dewar, et seulement par la photographie, elles sont cependant bien visibles et je les ai trouvées dans plusieurs minéraux contenant l'argent comme élément constituant.

Les groupes du soufre sont faciles à voir dans le rouge, $S\varphi$ et $S\psi$, et dans le vert $S\beta$, $S\gamma$, $S\epsilon$, où ils sont bien marqués. $S\alpha$ est mélangé aux raies secondaires de l'argent, et exige un certain soin pour en être séparé, avec deux prismes bien entendu. Les raies bleues $S\zeta$, $S\eta$, $S\theta$ sont bien marquées, mais les raies violettes sont diffuses et à peine visibles, elles sont entremêlées aux raies du *fer*, nombreuses et faciles à reconnaître surtout dans le violet où les groupes $Fe\eta$, $Fe\gamma$, $Fe\lambda$ sont bien nets. On voit aussi les principales raies du zinc $Zn\alpha$, $Zn\gamma$, $Zn\delta$, très caractérisées sans être intenses. L'échantillon étudié provenait de Bohême, probablement de Schemnitz.

La formule Ag^2S correspond à argent 87,1, soufre 12,9.

Argyrose.

	λ Ag	λ S	
$S\varphi$	637.2	641.6	Faible.
		640.2	Assez bien marquée.
		638.9	— (Huggins seul).
$S\psi$	625.1 603.6 597.2	631.9	Bien marquée.
		630.8	Assez forte.
		629.0	— (Huggins seul).
			Assez bien visible.
			Très faible (Huggins seul).

	λ Ag	λ	
	565.6	566.2	Bien marquée.
	564.4		Assez bien marquée.
		563.9	—
	562.5		Bien marquée.
	562.2		Assez bien marquée.
		560.8	Assez forte.
	559.0		—
		558.3	Bien visible.
	556.8	556.8	Faible.
	555.7	555.8	Diffuse.
	555.2		— double? } Attribution incertaine.
		552.7	Diffuse, assez bien visible.
	552.2		Faible.
		551.3	—
Ag γ	547.0		Assez bien marquée.
Ag α	546.4		Forte.
		545.2	Intense.
S β		543.4	Assez forte.
		542.9	—
	542.3		Bien visible.
	541.1		Faible.
	540.1		Diffuse, large.
S γ		534.3	Assez forte.
		532.0	—
	529.9		Faible.
Ag β		521.9	Assez bien visible.
	520.9		Intense.
		514.2	Faible.
		510.2	Diffuse.
		504.5	Faible.
		503.2	Bien marquée.
S ε		502.1	—
		501.4	—
S ζ		499.4	—
		492.5	Assez forte.
S η	487.4		—
S θ		481.4	Bien marquée.
		471.6	—
	466.6		Assez bien visible.
		455.1	Diffuse, peu visible.
		452.5	—
		448.4	—
S μ			—
	447.5		Bien marquée.
		446.4	Diffuse, peu visible.
		429.5	— douteuse.
	421.1		Forte.
	405.1		Diffuse, assez forte, vue seulement dans l'arc, par Lieveing et Dewar.

ARGYRODITE. $3 \text{ Ag}^2 \text{ S. Ge S}^2$. De *Freiberg*.
(Collection du Muséum.)

Donne facilement un bon spectre semblable à celui de l'*Argyrose*, présentant, comme elle, les deux raies vertes intenses de l'argent et les groupes du soufre, mais offrant de plus deux très fortes raies du germanium, l'une orangée $\text{Ge } \alpha$ (602.0), l'autre jaune $\text{Ge } \beta$ (589.1), intermédiaire entre les deux raies du sodium. Elles ont un éclat à peu près égal à celui des deux raies vertes de l'argent. Cette réaction caractéristique du germanium rend donc la recherche de cet élément par la méthode des spectres d'étincelle relativement facile, même avec une faible dispersion. Six autres raies d'importance secondaire, appartenant au germanium, sont facilement visibles dans le violet. D'autres, plus faibles, n'ont pu être constatées par suite de la présence des groupes violets du fer : $\text{Fe } \gamma$, $\text{Fe } \eta$, $\text{Fe } \lambda$ qui, comme dans l'*argyrose*, sont bien visibles et masquaient sans doute leur apparition. Pendant l'expérience, les fragments d'*Argyrodite* se consomment assez rapidement et montrent à la loupe des filaments d'argent réduit, comme l'argent natif. Il se forme sur les prismes un dépôt terreux brun verdâtre.

Analyse par Winkler : Soufre	17.13
Germanium	6.93
Argent	74.72
Fer	0.66
Zinc	0.22
	99.66

On trouvera à la fin de ce mémoire une planche où le spectre de l'*argyrodite* est reproduit, du moins quant aux principales lignes, dont l'intensité est au moins suffisante pour mériter la désignation de « bien marquées ». Dans ces conditions, le groupe $\text{S } \alpha$ du soufre n'a pas été reproduit, non plus que $\text{S } \varphi$ dans le rouge.

Argyrodite.

	Ge.	Ag.	S.	
S φ	636.6		641.6	A peine visible.
			640.2	Assez bien marquée.
			638.9	Assez bien marquée.
S ψ				Très faible.
			631.9	Assez bien marquée.
			630.8	Bien marquée.
Ge α	602.0	585.4	629.0	Bien marquée.
Ge β	589.0			Très forte.
				Très forte.
S α		585.4		Faible.
			581.6	Faible.
		565.6	566.2	Faible.
				Assez bien visible.
		564.4	565.1	Assez bien visible.
				Assez bien visible.
		562.5		Assez bien visible.
		562.2		Bien marquée.
		559.0	560.8	Assez bien marquée.
				Faible.
Ag γ Ag α S β		558.3		Très faible.
				Faible.
		556.8		Faible.
				Faible.
		555.8		Assez bien visible.
		555.2		Assez bien visible.
		552.7		Assez bien visible.
				Assez bien visible.
		552.2		Bien visible.
		551.3		Bien visible.
Ag β				Forte.
	547.0		Intense.	
	546.4		Assez forte.	
	545.2		Assez forte.	
			Assez forte.	
	543.4		Assez forte.	
	542.9		Faible.	
	541.2		Bien visible, diffuse.	
	540.1		Assez bien visible.	
	534.5		Bien visible.	
S ϵ				
	529.9		Intense.	
	520.9		Large, diffuse.	
	517.7		Assez bien visible.	
			Bien visible, diffuse.	
	513.6		Diffuse.	
	513.1		Bien marquée.	
	510.2		Assez bien visible.	
			Bien marquée.	
	S ζ		487.4	504.5
503.2				Assez bien visible.
501.4				Bien marquée.
S ζ			499.4	Assez bien visible.
			494.1	Faible.
			492.5	Bien visible.
				Bien marquée.

	Ge.	Ag.	S.	
S ₇ ?	481.3		(481.4)	Diffuse.
S ₉	474.2?			Douteuse, très faible.
	468.5		471.6	Bien visible.
		446.8		Bien marquée.
		447.5		Assez forte.
	422.6			Assez bien marquée.
				Bien visible.

CHALCOSINE Cu²S et HARRISITE.

Bien que paraissant peu conductrice, la chalcosine donne un bon spectre, caractérisé par les cinq lignes brillantes du cuivre Cu γ , Cu δ , Cu α_1 , Cu β , Cu α_2 , et par les groupes de raies vives et bien marquées du spectre du soufre. Les raies de celui-ci sont faciles à voir jusqu'à S₉ (461.7), mais au delà, je ne puis considérer comme devant lui être rapportées quelques lignes dont les longueurs d'onde se rapprocheraient beaucoup de celles du groupe S μ , mais que je crois plutôt appartenir au fer. Ce métal est en effet toujours présent en faible quantité dans la chalcosine et se décèle par ses raies violettes, aucune autre raie que (427.5) du cuivre ne pouvant en masquer la présence dans cette partie du spectre. Tous les groupes caractéristiques du soufre dans les minéraux, c'est-à-dire moins réfrangibles que S μ , sont présents à l'exception de S δ , réduit à une seule raie (520.4) par l'éclat de Cu α_1 (521.7). Les deux raies les plus réfrangibles du cuivre (463.0), (427.5) ont une intensité bien supérieure à celle que leur attribuent les tables et les planches d'analyse spectrale.

On a avantage à employer une étincelle très courte. Il faut éviter cependant d'amener l'incandescence des fragments qui rougissent facilement. Il s'opère alors une oxydation, un grillage de la *Chalcosine*, et les raies du soufre diminuent, disparaissent; les morceaux du minéral, le négatif surtout, prennent un vif éclat, et on a un fond de spectre continu, sur lequel se détachent seules les cinq plus fortes raies du cuivre.

Plusieurs *Chalcosines* ont été étudiées, offrant toutes à un faible degré les raies du fer. Le tableau a été établi avec la variété *Redruthite*, de Cornouailles, en beaux cristaux d'apparence hexagonale p (001), b^3 (113), c^{113} (301).

La *Harrisite*, pseudomorphose de *Galène*, dont elle a conservé les clivages, en *Chalcosine*, donne le spectre de cette dernière espèce, sans la moindre apparence de raies du plomb.

Chalcosine.

	λ Cu	λ S	
S φ	637.9	641.6	Faible.
		640.2	Bien visible.
		638.9	Bien visible.
		631.9	Assez forte.
S ψ		630.8	Assez forte.
		629.0	Assez forte.
			Assez forte.
Cu ϵ	621.8		Forte.
Cu γ	578.1		Forte.
Cu δ	570.0		Bien visible.
S α		567.2	Assez forte.
		565.1	Assez forte.
		564.2	Assez bien visible.
		562.2	Assez forte.
		560.7	Faible.
		558.3	Faible.
		556.8	Faible.
		555.8	Faible.
		551.3	Faible.

	λ_{Cu}	λ_{S}	
$S\beta$		547.2	Bien marquée.
		545.2	Assez forte.
		543.4	Assez forte.
		542.9	Bien marquée.
$S\gamma$		534.3	Assez forte.
		532.0	Assez forte.
			Forte.
$\text{Cu}\alpha$	529.2		
$S\delta$	521.7		Intense, masque $S\delta$ en partie.
$\text{Cu}\beta$	516.2	520.1	Assez bien visible.
			Intense.
$\text{Cu}\alpha_2$	510.5	514.2	Assez bien visible.
			Intense.
		503.2	Assez bien visible.
		502.1	Assez bien visible.
$S\varepsilon$	501.1	501.4	Diffuses, presque confondues avec les raies de l'air.
		499.4	Assez bien visible.
			Diffuse.
$S\zeta$	495.5		Diffuse.
	493.2		Diffuse.
		492.5	Diffuse.
	491.1		Diffuse.
	470.3		Diffuse.
	465.0		Forte.
Sr_1		481.4	Faible.
$S0$		471.6	Faible.
	427.5		Forte.

STROMEYERINE. Ag^2S , Cu^2S . *Échantillon de Santiago (Chili)*.

(Collection du Muséum, n° 64-187.)

Ce minéral peut être envisagé comme une *Chalcosine* contenant 50 à 52 0/0 d'argent. Les raies de ce dernier métal qui, seules, différencient son spectre d'avec celui de la chalcosine, varient un peu en intensité suivant les fragments observés. Voici les principales :

561.3 Forte. γ 547.0 Forte. 540.2 Assez forte.

555.3 — α 546.1 Intense. β 521.0 Très forte.

La dernière raie $\text{Ag}\beta$ (521.0), très voisine de la principale raie du cuivre $\text{Cu}\alpha_1$ (521.7), se confond avec elle lorsqu'on emploie un seul prisme. Avec le spectroscopé à

deux prismes, elles sont écartées de $1^{\text{div}},5$ et la raie de l'argent paraît inférieure en éclat à sa voisine du cuivre. Les raies du soufre sont aussi visibles que dans la chalcosine, et dans le groupe $S\beta$ la raie (545.3) est facile à reconnaître, malgré le voisinage de $Ag\alpha$ (546.4).

PYRITE. FeS^2 .

La *Pyrite* conduit facilement l'électricité et donne un spectre brillant et très riche en lignes. C'est certainement le plus compliqué de ceux qui se sont présentés dans cette étude.

Il contient en effet, outre les lignes du fer dans l'étincelle électrique, une partie de celles données par ce métal dans son spectre d'arc; aussi les raies du soufre qu'il présente en outre, avec une intensité notable, sont-elles difficiles à séparer. On les identifie cependant assez rapidement, en superposant, dans le champ du spectroscopie et au moyen d'un prisme à réflexion totale, le spectre du soufre, fourni par une étincelle du même circuit, éclatant entre deux baguettes de platine ou de charbon de cornue, soufrées.

Contrairement à ce qu'on pourrait supposer de prime abord, la difficulté de l'examen augmente avec la dispersion. Avec un seul prisme les raies les plus caractéristiques du fer se détachent, assez vives, sur le fond cannelé formé par la multiplicité des raies secondaires de ce métal et de celles du soufre. Avec deux prismes, au contraire, les raies secondaires se séparent aussi, et le contraste des principales raies est moins fort. J'ai tenu à donner le tableau complet du spectre de la pyrite tel que je l'ai mesuré : avec deux prismes jusque vers λ 430, et au delà avec un seul prisme, capable cependant de dédoubler nettement la raie D. J'ai caractérisé les principaux groupes de raies du fer par les lettres que leur avait attribuées M. Lecoq de Boisbaudran

dans le spectre du perchlorure de fer. Si l'on supprime le condensateur, le spectre est beaucoup moins brillant et se réduit aux principales lignes des groupes du fer.

$\text{Fe}\theta$, $\text{Fe}\epsilon$, $\text{Fe}\alpha$, $\text{Fe}\beta$, $\text{Fe}\zeta$, $\text{Fe}\gamma$, $\text{Fe}\eta$, $\text{Fe}\lambda$.

Et les raies caractéristiques de certains métaux qui se trouvent en petites quantités dans la pyrite, tels que le zinc, le cuivre et le thallium peuvent alors se distinguer facilement de celles du fer. Après l'expérience, les fragments du minéral qui ont donné issue à l'étincelle se sont oxydés et sont devenus d'un rouge ocreux, surtout au pôle négatif.

Certaines pyrites sont arsénifères, passant même au *Mispickel* (FeAsS). Les raies de l'arsenic sont bien visibles avec le condensateur et disparaissant avec lui, comme d'ailleurs toutes celles des métalloïdes; je ne crois pas cette réaction très sensible, avec la pyrite, car les raies de l'arsenic sont très atténuées dans le cas d'une faible teneur de ce métalloïde, et disparaîtraient dans la multiplicité des raies secondaires du fer.

L'emploi de la méthode spectroscopique directe ne présente un intérêt *pratique*, dans le cas de la pyrite, que pour la recherche des éléments reconnaissables sans l'addition du condensateur. Il est cependant curieux d'observer l'analogie de son spectre dans l'étincelle condensée, avec un spectre d'arc. Nous verrons ce fait se répéter avec un certain nombre de minéraux donnant aussi des spectres plus riches en raies que leurs métaux constituants placés dans le même circuit.

Le tableau a été établi avec un échantillon de Castifao (Corse).

La *Magnetkise* ou *Pyrrohotite*, $\text{Fe}^{\text{II}}\text{S}^{\text{II}+1}$, donne le même spectre que la pyrite, sans que j'aie pu constater de différences d'intensité appréciables.

Pyrite.

	λ_{Fe}	λ_S	
$S\varphi$	674.8		Assez bien visible.
	670.4		—
	667.7		Assez forte.
	659.2		Assez forte, diffuse.
	654.5		Assez forte.
	649.0		Très forte.
		641.5	Fine.
	641.3		—
	640.7		—
	639.9		Forte.
$S\psi$	633.6	638.9	Assez bien visible.
			Assez forte.
		631.9	—
Fe_1	630.6		—
		630.8	Bien visible.
		629.0	—
	625.6		Forte.
	625.1		—
	622.9		—
	621.8		Faible.
	619.0		Forte.
	616.9		Faible.
	613.6		Forte.
Fe_x	610.6		Faible.
	608.0		—
	606.4		Bien marquée.
	605.5		—
	602.3		Diffuse.
	600.7		Assez bien visible.
	598.6		Diffuse.
	593.4		—
	592.9		—
	591.3		—
$S\alpha$		581.7	Faible.
	581.5		—
	576.2		—
	575.2		Assez forte.
	570.8		Bien marquée.
$Fe\theta$		566.2	—
	565.7		Faible.
		564.2	Bien marquée.
$Fe\theta$		562.2	—
	561.4		—
		560.7	—
	560.2		Assez forte.
	559.7		Faible.
	558.6		—
	557.5		Diffuse.
	557.2		Assez forte.
	556.8		—

	λ_{Fe}	λ_{S}	
$\text{S}\delta$	550.6		Bien visible.
	550.0		Assez bien marquée.
	549.6		—
	548.7		—
	545.4	547.2	Bien marquée.
			Forte.
	544.6	545.2	Bien marquée.
			Forte.
		543.4	Assez forte.
	542.9		Forte.
	542.2		—
	541.0		Assez forte.
	540.4		Forte.
	540.2		—
	539.6		Assez forte.
$\text{S}\gamma$	539.2		Assez bien visible.
	538.3		Forte.
	536.5		Assez forte.
		534.3	—
	533.9		—
	532.7		—
	532.3		Forte.
		532.0	Bien visible.
	531.6		Forte.
	530.6		Assez forte.
	530.2		Bien marquée.
	528.1		Double, bien marquée.
	526.9		Double, forte.
	526.6		Forte.
	524.1		Faible.
$\text{S}\delta$	523.2		Forte.
	522.5		—
		521.8	Assez forte.
		521.2	Bien marquée.
	520.2		
		520.1	Double raie, plutôt faible.
	519.4		Forte.
	519.1		—
	517.2		Faible.
	516.8		Double, forte. (B de Fraüenhöfer).
$\text{Fe}\delta$		516.0	Bien marquée.
	514.8		Assez bien marquée.
		514.3	—
	513.8		Assez forte.
	513.3		Faible.
	512.7		—
		511.8	Bien visible.
	510.7		Assez bien visible.
		510.2	Assez bien marquée.
	508.3		Faible.

	λFe	λS	
	507.9		Faible.
	507.4		—
	506.9		—
	505.2		—
	504.9		Assez bien marqué.
		504.5	Bien visible.
	504.0		Assez bien visible.
		503.2	Assez forte.
		502.5	—
Se	501.2	501.3	Bien marquée (attribution douteuse).
		500.9	Assez forte.
	500.5		Bien marquée.
		499.4	Bien visible.
	499.0		Faible.
	498.8		Assez forte.
	498.4		—
	496.5		—
	495.7		Forte.
Fe β } S ζ		494.1	Faible.
	493.8		—
		492.5	Bien marquée.
	492.3		—
	491.8		Bien visible.
	490.6		Faible.
	489.1		Très forte, double.
Fe ζ }	488.8		Faible.
		488.4	Bien visible.
	487.8		Très forte.
	487.0		Forte.
	486.3		—
	484.8		Faible.
	483.5		—
Sr η		481.4	Assez bien visible.
	480.6		Faible.
		480.4	Un peu plus forte.
		479.3	Assez visible.
		477.6	Très faible.
	474.7		Faible, diffuse.
	473.6		Assez bien visible.
S θ	472.9		Faible.
		471.5	Bien visible.
	470.6		Faible.
	469.0		Assez bien visible.
	467.7		—
	466.7		Faible.
	466.5		—
	465.3		Assez bien visible.
	463.1		Faible.
	460.3		Assez bien visible.
	459.2		Faible.

	λFe	λS	
	458.0		Faible.
	454.7		—
	454.4		Forte.
		452.5	Faible, douteuse. $S\mu?$
	449.3		Assez forte.
		448.5	Faible, douteuse. $S\mu?$
		446.4	Faible, douteuse. $S\mu?$
	441.4		Très forte.
$\text{Fe}\gamma$	440.4		—
	438.3		—
	435.3		Très faible.
	433.6		—
$\text{Fe}\eta$	432.5		Très forte.
	431.4		Assez forte.
	430.7		Forte.
	429.9		Assez forte.
$\text{Fe}\lambda$	429.4		Faible.
	428.2		Bien visible.
	427.1		Très forte.
	426.0		Forte.
	425.0		—
	423.5		Faible.
	423.3		—
	422.7		—
	422.2		Assez bien marquée.
	421.8		—
	420.9		Faible.
	420.2		Bien marquée.
	419.9		—
	419.2		—
	418.8		Assez bien marquée.
	418.2		—
	417.7		Faible.
	417.2		—
	415.6		Assez bien marquée.
	415.4		—
	413.4		Assez forte.
	413.2		—
	411.8		—
	410.6		Faible.
	408.4		—
	407.1		Forte.
	406.3		—
	404.5		—
	400.5		Faible.
	399.4		—
	396.7		—
	395.3		—

CHALCOPYRITE.



L'examen spectroscopique permet de distinguer du premier coup d'œil ce minéral de la *Pyrite*, dont l'aspect peut parfois s'en rapprocher, car les trois raies du cuivre α_1 (521.7), β (515.3), γ (510.5), se détachent avec une grande intensité sur le fond atténué des nombreuses lignes du fer.

Celles-ci sont notablement moins fortes que dans la pyrite, à ce point que les groupes du soufre $S\varphi$, $S\psi$, et Sz l'emportent en éclat sur les raies rouges et vertes du fer qui les avoisinent, mais à mesure qu'on s'avance vers la partie la plus refrangible du spectre, les lignes du fer croissent en éclat, égales à celles du soufre dans $S\gamma$, elles l'emportent ensuite, de sorte que $S\zeta$, $S\eta$, $S\theta$, $S\mu$, sont de moins en moins visibles.

Les groupes $\text{Fe}\gamma$ (441.5) (440.4) (438.3), $\text{Fe}\eta$ (432.5) (430.7), $\text{Fe}\lambda$ (427.1) (426.0) (425.0), formés de fortes raies violettes sont les plus caractéristiques de ce métal.

Elles se retrouvent d'ailleurs très affaiblies dans tous les minéraux tant soit peu ferrifères. La partie rouge du spectre de la *Chalcopyrite* est assez peu lumineuse, tandis que les autres couleurs, au contraire, fournissent une grande abondance de raies, faciles à obtenir. On a avantage à opérer sur de petits éclats qui sont moins exposés à se briser et à décrépiter par l'échauffement dû au courant. Ce minéral, comme sa composition le faisait prévoir, est moins bon conducteur que la pyrite et meilleur que la chalcosine; comme cette dernière, si les fragments entre lesquels jaillit l'étincelle sont trop rapprochés, c'est-à-dire voisins de moins de 1/2 millimètre, l'un des pôles rougit en donnant un spectre continu.

En humectant l'essai avec une goutte d'acide chlorhydrique étendu, les raies du fer prennent une intensité beaucoup plus grande, surtout dans le vert.

Quatre raies, plutôt faibles, ne correspondant à aucun des éléments constituant de la Chalcopyrite, indiqueraient la présence du sélénium en petite quantité; ce sont ($\delta 25.2$) $\text{Se } \beta$ ($\delta 24.4$), $\text{Se } \gamma$, ($\delta 21.0$) et $\text{Se } \delta$ ($\delta 17.8$). La raie $\text{Se } \alpha$ ($\delta 29.8$), serait masquée par la forte raie du cuivre de même longueur d'onde. Quant au thallium, quelquefois signalé dans ce minéral, et décelé par sa belle raie verte ($\delta 34.96$) qu'on distingue facilement des autres raies métalliques en ce qu'elle augmente plutôt d'intensité en supprimant le condensateur, je n'en ai pas trouvé trace dans les Chalcopyrites étudiées.

On voit fréquemment apparaître très vives, et pendant peu de temps, les principales raies du zinc α (480.9), γ (472.1), δ (467.9). Cette réaction est donnée par la plupart des échantillons et remarquable par son intermittence.

Le tableau suivant a été établi avec un échantillon de Banca, près Baïgorry (Basses-Pyrénées).

Chalcopyrite et Phillipsite.

	λ Fe	λ Cu	λ S	
S φ	649.0		640.2	Assez bien visible.
			638.9	— —
	635.4		631.9	— —
S ψ			630.8	Bien marquée.
			629.0	—
				Assez forte.
Fe ι	624.5	621.8		—
	622.8			Diffuse, assez bien visible.
	619.0			Assez forte.
	613.7			—
Cu γ	602.3			Assez bien marquée.
Cu δ		578.1		Forte.
		570.0		Bien marquée.
			567.2	Assez bien marquée.
			566.2	Bien marquée.
			565.1	—
S α			554.2	Assez forte.
	562.3			Faible.
			562.2	Bien marquée.
Fe θ	558.6		560.7	Assez forte.
	557.2			Bien marquée.
	556.8			Très fine, faible.
			556.8	Faible.
			555.8	—
			551.3	Assez bien marquée.
	550.0			Faible.
	548.7			Diffuse, faible.
			547.2	Bien marquée.
S β	545.5		545.2	Double raie, forte.
	544.6			Bien marquée.
	543.3		543.4	—
	542.9		542.9	Fine, assez bien marquée.
	542.3			Fine, plus faible.
	541.5			Fine, faible.
	541.0			—
	540.5			Bien marquée.
	539.7			—
	539.2			Faible.
	538.3			Bien marquée.

	λ Fe	γ Cu	λ S	
Fe ε	537.0			Double, assez forte } 537.06
	536.6			Bien marquée. } 536.91
	534.8			Faible. (Ti α ?)
			534.2	Faible.
S γ	534.0			—
	533.7			Assez forte.
	532.4			Bien marquée.
			532.0	Faible.
	531.7			—
	530.1			—
Fe α		529.2		Forte.
	528.3			Faible.
	526.8			Assez forte.
	523.3			Assez bien visible.
Cu α_1		521.7		Intense.
	520.3			Faible.
	519.2			Assez bien marquée.
	517.1			Bien marquée.
Fe δ	516.8			—
	516.6			—
		515.3		Intense.
	513.9			Faible.
	513.3			Très faible.
Cu α_2		510.5		Intense.
	507.3			Faible.
	504.9			—
			503.1	—
		501.2		Bien marquée.
S ε			500.9	Assez bien marquée.
	499.0		499.4	Faible.
	498.1			—
		495.5		Forte.
		493.3		Faible.
	492.9			—
Fe β			492.4	—
	491.8			Forte.
		491.1		Faible.
	490.2			—
Fe ζ	489.0			Forte.
	487.0			Assez forte.
	485.8			Faible.
			481.4	Diffuse, assez bien visible.
S η	479.0			Faible.
	478.6			Faible.
S θ			471.5	Faible, diffuse.

	λ Fe	λ Cu	λ S	
		470.3		Faible, diffuse.
	469.1			Faible.
	453.0			Faible.
	449.3			—
	448.1			—
	447.3			—
	445.8			—
	445.3			—
	444.6			Assez bien visible.
Fe γ	441.5			Très forte.
	440.4			—
	438.3			—
Fe η	432.5			—
	430.7			—
	429.9			Faible.
	429.3			—
		427.5		Assez bien visible.
Fe λ	427.2			Fort.
	426.1			—
	425.0			—
	423.6			Diffuse, faible.
	422.7			Faible.
	420.2			Assez bien visible.
	419.8			— —
	418.7			— —
	414.3			Faible.
	413.3			Assez bien marquée.
	407.2			— —
	406.5			— —
	404.6			— —
	403.1			Peu visible.

PHILLIPSITE, ou *Bornite*, ou *Cuivre Panaché*. $3 \text{ Cu}^2\text{S} \cdot \text{Fe}^2\text{S}^3$.

Comme la formule le fait prévoir, le spectre de la *Phillipsite* présente les raies du cuivre avec une intensité beaucoup supérieure à celle des mêmes lignes dans la *chalcopyrite*. Le contraste est frappant en juxtaposant dans le spectroscopie

les deux spectres pris dans le même circuit. Ils sont tous deux également faciles à obtenir.

Une *Phillipsite* de Cornouailles (collection du Muséum, numéro 55.284) a donné la raie du thallium $Tl\alpha$ (534.9), très vive, se détachant sur le fond éclairé du spectre, après suppression du condensateur.

Analyse de la *Phillipsite* de Cornouailles, par Plattner :

Soufre	28.24.
Cuivre	56.76.
Fer	14.84.

CINABRE. HgS .

Ce minéral est peu conducteur. Pour amorcer le passage de l'étincelle, il faut souvent faire jaillir celle-ci entre le platine des pinces, de telle sorte qu'elle lèche les petits fragments de cinabre et les volatilise ; les raies du platine disparaissent alors et sont remplacées par celles du mercure et du soufre. Les morceaux soumis à l'expérience se consomment rapidement en se volatilisant et doivent être fréquemment remplacés. Si l'échantillon étudié n'est pas pur, c'est-à-dire est formé, comme il arrive souvent, de grès imprégnés de cinabre, le spectre se réduit aux principales raies du mercure, se détachant sur un fond lumineux continu, dû à l'incandescence des fragments qui n'ont pas tardé à rougir au passage du courant. Mais en opérant avec des cristaux ou du cinabre massif pur, on a un des spectres qui présentent le mieux et le plus complètement les raies du soufre, par suite du petit nombre des lignes du mercure dont deux seulement (546.0) et (521.7) se pro-

jetent au milieu des groupes du soufre. Presque tous les échantillons examinés donnent faiblement des raies du fer, surtout visibles dans le violet.

Si l'on supprime le condensateur, les raies du soufre disparaissent comme on le sait et l'on n'a plus que quelques raies du mercure. $Hg\ \gamma$ (578.9) (576.8), $Hg\ \alpha$ (546.0) et $Hg\ \beta$ (435.8), enfin (521.7) et (491.6) à peine visibles.

Comme dans les autres minéraux, le groupe S_{μ} est d'attribution incertaine, je l'ai cependant fait figurer dans le tableau parce que ses raies, bien que diffuses et faibles, m'ont paru plus fortes que les très faibles lignes du fer environnantes.

Le tableau a été fait avec des échantillons cristallisés d'Almaden.

Cinabre.

	λ Hg	λ S	
S φ	636.2	641.6	Difficile à voir.
		640.2	Bien marquée.
		638.9	Assez forte.
S ψ	615.1 588.8 587.1	631.9	Fine.
		630.8	Forte.
		629.0	—
Hg γ	578.9 576.8 567.8	581.6	Très forte.
			Assez forte.
			Plutôt faible.
S α	559.5	566.2	Faible.
		564.6	Très forte.
		564.2	—
Hg α	546.0	562.2	Bien visible, fine.
		560.7	Assez forte.
			Notablement plus forte que la précédente.
S β	542.6	558.3	Bien marquée.
		556.8	—
		551.3	Assez bien marquée.
S γ	536.5	547.2	Bien marquée.
		545.2	Intense.
		543.4	Assez bien visible.
S δ	527.8 521.7	542.9	Diffuse, mais bien visible.
			—
			Bien visible, mais presque confondue avec la précédente quand la fente n'est pas très fine.
S ϵ	495.8	534.3	Plutôt faible.
		532.0	Assez forte.
			Bien marquée.
S ζ	494.1	527.8	Diffuse, faible.
		521.2	Assez forte.
			Diffuse.
S η	494.1	520.1	—
		515.0	Bien marquée.
		510.2	—
S θ	494.1	504.5	Assez bien marquée.
		503.1	—
		501.3	Assez forte.
S ι	494.1	499.4	Assez bien marquée.
			Assez forte.
			Faible.

	λ Hg	λ S	
S ζ	491.6	492.5	Assez bien marquée.
S η		481.4	A peine visible.
S θ		471.6	Faible.
S μ		455.1	—
		452.5	Diffuse, faible.
		448.4	—
		446.4	—
Hg β	435.8	Intense.	
Hg δ	404.7	Forte.	
	398.3	Assez forte.	

BISMUTHINE. Bi^2S^3 .

Les bismuthines contiennent souvent des éléments accessoires, cuivre ou plomb notamment, qui les font passer à des espèces voisines. Ce n'est qu'après en avoir examiné plusieurs que j'ai établi le tableau suivant, fourni par un échantillon à gangue de quartz, provenant de Schlangenbergwald (Bohême).

Le bismuth y est décelé par plusieurs fortes raies, notamment par :

$$\left. \begin{array}{l} \text{Bi } \beta \text{ (553.3),} \\ \text{(527.0)} \\ \text{Bi } \gamma \text{ (520.8)} \\ \text{Bi } \varepsilon \text{ (514.3),} \\ \text{(512.3)} \end{array} \right\} \text{ dans le vert}$$

et Bi α (472.2) absolument caractéristique dans le bleu.

La partie rouge est moins remarquable. Dans le violet, on a deux raies importantes :

$$\begin{array}{l} \text{Bi } \zeta \text{ (430.2)} \\ \text{Bi } \delta \text{ (411.9).} \end{array}$$

Les groupes du soufre $S\alpha$, $S\beta$, $S\gamma$, $S\epsilon$, sont vifs et bien marqués, malgré la présence de quelques lignes secondaires du bismuth dans leur voisinage. Les groupes rouges $S\varphi$ et $S\psi$ ne sont pas très visibles. Les raies bleues $S\zeta$ et $S\eta$ sont affaiblies, et $S\theta$ complètement éteinte par l'éclat intense de $Bi\alpha$.

Si l'on supprime le condensateur, les raies secondaires du bismuth disparaissent en même temps que le spectre du soufre, tandis que les raies capitales du bismuth persistent, notamment :

$$Bi\beta, \quad Bi\gamma, \quad Bi\epsilon, \quad Bi\alpha, \quad Bi\delta.$$

La bismuthine paraît assez bonne conductrice et son spectre est facile à obtenir.

Bismuthine.

	λ Bi	λ S	
	680.3		Bien marquée (Huggins seul).
	659.9		—
	649.3		—
S φ		641.6	A peine visible.
		640.1	Faible.
		638.9	—
S ψ		631.9	Assez visible.
		630.8	—
		629.0	—
	612.9		Assez forte.
	605.7		Forte.
	586.2		Bien visible.
	581.6		—
	571.6		Forte.
		566.2	Bien marquée.
S α	565.5		Bien visible.
		565.1	Bien marquée.
		564.2	—
		560.7	—
		556.8	Assez bien visible.
Bi β	555.3		Forte.
		552.7	Assez bien visible.
		551.3	Bien visible.
		547.2	—
S β	545.0	545.3	—
			Assez forte.
		543.4	Bien visible.
		542.9	Assez bien visible.
	539.7		Faible.
S γ		534.3	Bien visible.
		532.0	—
	527.0		Forte.
Bi γ	520.8		Très forte.
Bi ε	514.3		Forte.
	512.3		—
	509.0		Faible.
	507.7		Bien marquée.
		503.2	Faible.
S ε		501.4	Diffuse.
	499.3		Assez bien visible.
S ζ		492.5	Faible.
	490.5		—
S η		481.4	—
Bi α	472.2		Intense.
	470.5		Faible.
	456.0		Bien marquée.

	λ Bi	λ S	
Bi ζ	433.9 430.2 427.1		Bien marquée. Assez forte. Faible (Hartley and Adeney seuls).
Bi δ	425.9 411.9 408.5		Bien marquée. Forte. Assez bien marquée.

SULFURES DE BISMUTH CUPRIFÈRES, PLOMBIFÈRES
ET ARGENTIFÈRES

Beaucoup d'échantillons de *Bismuthine* contiennent une certaine quantité de plomb ou de cuivre, et leur spectre en présente les raies; j'ai donc jugé utile de donner un tableau de ce spectre multiple, qui peut servir de type pour ces minéraux. Il reproduit absolument les spectres de l'*Alaskaïte*, de la *Beégerite* et de l'*Aïkinite*.

Pour les minéraux qui suivent, on n'aura donc qu'à prendre le tableau en supprimant soit les raies du cuivre, soit celles du plomb, soit celles de l'argent. Comme on le voit, chacun de ces éléments est facile à reconnaître, même en présence de tous les autres, par des raies très caractéristiques. Pour le soufre, les groupes S ψ , S α , S β , S γ , S ε , sont bien marqués; mais on conçoit facilement qu'avec un spectroscopie à un seul prisme la recherche de cet élément soit, dans le cas présent, assez délicate.

Dans les corps en présence, deux raies importantes du bismuth sont confondues avec leurs voisins, même avec l'emploi de deux prismes, ce sont Bi γ (520.8) avec Ag β (520.9) qui ne forment qu'une seule forte raie, et dans leur voisinage immédiat, Bi (520.1) avec Pb δ (520.1). Ces quatre raies n'en forment que deux par conséquent, dans la *Beégerite*, par exemple.

Alaskaïte ou galéno-bismuthite PbS , Bi^2S^3 (Colorado). — Collection du Muséum (n° 91-83). — Assez bonne conductrice, fournit, en outre de toutes les raies données dans le tableau, celles de trois lignes bleues du zinc, et aucune de celles du sélénium mentionné dans certaines analyses, mais quelques raies du fer dans le bleu et le violet.

Le cuivre, comme le zinc, paraissent bien être des éléments accessoires.

Cosalite (var. Bjelkite) 2PbS , Bi^2S^3 . — Un morceau de Bismuthine de Suède, venant de Blekke, près d'Ödegarden, que je dois à l'amabilité de M. Léopold Michel, conservateur des collections de minéralogie de la Sorbonne, m'a donné, avec les raies du bismuth et du soufre, celles du plomb, très intenses, ce qui doit la faire ranger sans doute parmi les Bjelkites, variété non argentifère de la Cosalite.

Un échantillon de Bjelkite, de Nordmark (Suède), localité classique pour cette espèce, et provenant de la collection du Muséum, m'a fourni un spectre identique au précédent. Si on l'examine avec un seul prisme, les principales raies sont pour le plomb :

$$\text{Pb}\gamma, \quad \text{Pb}\zeta, \quad \text{Pb}\varphi, \quad \text{Pb}\psi, \quad \text{Pb}\alpha,$$

comme d'habitude, et pour le bismuth :

$\text{Bi}\beta$	(555.3)	Forte.
	(545.0)	Assez forte.
	(527.0)	Forte.
$\text{Bi}\gamma$	(520.8)	Très forte.
	(514.3)	Forte.
$\text{Bi}\alpha$	(472.2)	Très forte.
$\text{Bi}\zeta$	(430.2)	Forte.

Avec une aussi faible dispersion, les raies du soufre les plus nettement détachées et les plus faciles à apercevoir sont le groupe $S\gamma$ d'abord, et en seconde ligne les groupes $S\alpha$, $S\beta$, $S\epsilon$, formant des sortes de hachures lumineuses autour des raies du plomb et du bismuth avoisinantes.

Beégerite PbS , Bi^2S^3 , Ouray Co. Colorado. (Collection du Muséum, n° 91-274). — Donne toutes les raies figurant dans le tableau, et en outre quelques raies du fer. Celles de l'argent $Ag\gamma$ et $Ag\alpha$ sont très fortes, ($Ag\beta$ confondue, comme toujours, avec $Bi\gamma$) et celles du cuivre bien marquées seulement.

Schirmérite. $3(Ag^2Pb)S$, $2Bi^2S^3$. Treasure Volt Mine. Colorado. (Collection du Muséum, n° 83-72). — Un examen sommaire, vu l'exiguité des fragments dont je disposais, m'a permis de constater seulement qu'elle donnait un bon spectre avec les raies principales de ses composants.

Emplectite. $2Cu^2S$. Bi^2S^3 , de Johann Georgenstadt (Bohême). (Collection du Muséum, n° 69-75). — Bonne conductrice, se comporte comme une Bismuthine très cuprifère. Avec un seul prisme, les raies les plus remarquables pour le bismuth et le soufre sont celles que j'ai mentionnées pour la Bjelkite.

Aikinite. $3(PbCu^2)S$, Bi^2S^3 . Bérésowsk (Oural). (Collection du Muséum, n° 57-530) — Avec gangue de quartz, talc et fragments d'or interposés. M'a donné un bon spectre, conforme à celui du tableau, moins les raies de l'argent.

Analyses des espèces précédentes.

		S	Bi	Pb	Ag	Cu			
1	Alaskaïte	PbS, Bi ² S ³ . .	17.98	53.39	42.02	7.80	5.11	Zn 0.34	Fe 0.84. Insol. 1.80 = 99.28
2.	Cosalite-Bjerkite	2Pbs, Bi ² S ³ . .	15.98	41.55	40.10	—	—	—	Fe 0.67. Insol. 2.19 = 100.49
3.	Bégerite	6PbS, Bi ² S ³ . .	16.39	19.35	45.87	9.98	1.12	—	Fe 2.89. Insol. 4.40 = 100
4.	Schürmerite . . .	3(Ag ² Pb) ₅ Bi ² S ³	14.41	46.91	12.69	22.82	—	Zn 0.08	Fe 0.03 = 96.94
5.	Emplectite . . .	2Cu ² S, Bi ² S ³ . .	18.83	62.16	18.72	—	18.72	—	= 99.71
6.	Aikinite. . . .	3(PbCu ²)S, Bi ² S ³	16.05	34.62	35.69	—	11.79	—	= 98.15

1.	De la mine d'Alaska (Colorado), par König.	4.	De Treasury Volt, par Genth.
2.	De Nordmark, par Landström.	5.	De Tannenbaum (Saxe), par Schneider.
3.	De Ouray Co, par König.	6.	De Beresowsk, par Frick.

Sulfures de bismuth et de plomb, cuprifères et argentifères.

	Pb	Bi •	Ag	Cu	S	
S ₁	665.6	659.2				Forte.
		649.3				Bien visible.
					631.9	Forte.
					630.8	Bien marquée.
Pb ε		612.9			629.0	—
		605.7				Forte.
	600.1					Assez forte.
	587.4					Faible.
		586.2				Assez bien visible.
	577.9			578.1		Assez forte.
		571.7				Confondues en une raie forte.
				570.0		Forte.
Pb γ		565.5			566.2	—
						Bien marquée.
					565.1	Assez bien visible.
	560.7				564.2	Bien marquée.
Bi β						—
		555.3			558.3	Très forte.
	554.6				556.8	Assez bien visible.
		553.7				—
S ₂ { Ag γ			547.0		551.3	Diffuse, assez forte.
			546.4		547.2	— forte.
						Faible.
					545.2	Bien marquée.
S ₃ { Ag α		545.0				—
					543.4	—
			542.4		542.9	—
			540.2			Faible.
Pb ζ	537.3	539.7				—
S γ						Diffuse.
						Forte.
					534.3	Bien marquée.
					532.0	—
Cu α ₁		527.0		529.2		Variable, assez forte.
						Forte.
Bi γ, Ag α		520.8	520.9	521.7		Variable jusqu'à Forte.
Pb δ	520.1	520.1				Fortes, confondues.
	516.3					Assez fortes, confondues.
Cu β				515.2		Assez bien visible.
Bi ε		514.4				Var. jusqu'à forte.
						Forte.

	Pb	Bi	Ag	Cu.	S	
Cu α_2		512.4		510.5		Forté.
		507.8				Var. jusqu'à forte.
Se	504.5				503.2	Bien marquée.
					501.4	Bien visible, diffuse.
Pb β	500.3	499.3		501.1		Bien marquée.
						Bien visible.
S ζ				493.3		Bien marquée, variable.
S η					492.4	Assez forte, diffuse.
Bi α		472.2			481.4	Bien marquée.
		470.5				Variable, bien visible.
				465.0		Bien visible.
						—
		456.0				Intense.
Pb φ	438.6	430.7				Assez bien visible.
		430.2				Variable jusqu'à assez
Bi ζ		427.1				forte.
		425.9				Très forte.
Pb ψ	424.6					—
		411.9				Bien visible.
		408.4				Assez forte.
						Bien marquée.
						—
						Très forte.
						Bien visible.
Pb α	406.3					Visibilité variable suivant
						les variétés.
						Forté.

MILLERITE. NiS.

Ce minéral donne très facilement un beau spectre contenant, non seulement toutes les raies du nickel mesurées par Thalén, en faisant jaillir l'étincelle entre deux morceaux de ce métal, mais en outre 24 sur 27 des raies observées, en dehors des précédentes. par M. Lecoq de Boisbaudran, avec la solution de chlorure de nickel. Enfin, la raie (599.6) avait été vue seulement dans l'arc par M. Cornu. Par suite de la multiplicité et surtout de l'inten-

sité des raies du nickel, les seuls groupes du soufre qui se voient facilement et avec un seul prisme sont ceux du rouge $S\varphi$ et $S\psi$; ceux du vert moyen $S\beta$, $S\gamma$, $S\delta$, ainsi que $S\alpha$ et $S\varepsilon$ sont entremêlés de raies du nickel, plus fortes.

Les raies caractéristiques du nickel, faciles à reconnaître par leur simple aspect, sont : $Ni\alpha$, $Ni\beta$, $Ni\eta$, $Ni\theta$ dans le vert; $Ni\gamma$ et $Ni\zeta$ dans le bleu.

On voit, en plus des lignes du nickel et du soufre, un certain nombre de très faibles raies qui, pour la plupart, ont pu être identifiées avec celles du fer. Les suivantes correspondent à des raies secondaires du cobalt :

(536.0), (538.6), (527.4), (521.2), (518.4), (475.2),
(468.6) (466.5), (454.9),

qui se trouvent dans les intervalles obscurs du spectre de la millerite, tandis que les raies principales du cobalt se trouvent dans le voisinage des plus brillantes du soufre et du nickel. En tout cas, le fer et le cobalt doivent se trouver en faibles quantités.

L'échantillon étudié provenait des États-Unis, de Lancaster Co, Pensylvania.

Millérite.

	λ Ni	λ S	
S ϕ		641.6	Faible.
		640.1	Assez bien marquée.
		638.9	— —
S ψ		631.9	Bien marquée.
		630.8	—
		629.0	—
	626.0		Assez forte (Lecoq de Boisbaudran.).
	617.6		Assez forte.
	611.5		—
	610.8		—
	599.5		Faible (arc. seul. cornn.).
	589.2		Forte.
	585.6		Assez forte, étroite.
	582.9		Faible (L. de B.).
		581.6	A peine visible.
	580.0		Faible (L. de B.).
	575.6		Assez bien visible, étroite (L. de B.).
	571.5		Fine (L. de B.).
	569.4		Fine, assez bien visible (L. de B.).
		567.2	Faible.
	566.4		Fine, assez bien visible (L. de B.).
		566.2	Faible.
		565.1	—
	564.2		Assez forte, mais étroite (L. de B.).
	562.1		Faible (L. de B.).
	560.9		Assez bien visible (L. de B.).
		560.7	— —
	559.0		Faible (L. de B.).
		556.8	Assez bien visible.
		555.8	A peine visible.
		551.3	—
Ni α	547.6		Intense.
		545.2	Assez bien marquée.
S β		543.4	Assez bien visible.
		542.9	Faible.
S γ		534.2	Assez bien visible.
		532.0	— —
		521.9	Faible.
S δ		521.2	—
		520.1	Très faible.
	517.6		Assez bien visible.
	516.8		— —
	515.5		Bien marquée.
	514.6		Assez forte.
Ni θ	514.2		—
	513.7		Faible.
	512.9		— (L. de B.).

	λ Ni	λ S	
Ni γ_1	511.5		Assez forte.
	509.8		—
Ni β	508.0		Intense.
	504.8		Très faible (L. de B.).
	503.5		Forte.
	501.6		—
		501.3	Très faible.
	499.8		Faible (L. de B.).
		499.2	—
Ni ϵ	498.3		Assez forte.
	497.9		—
	495.1		Faible (L. de B.).
S ζ	493.5		Assez bien visible.
		492.5	Faible.
	491.7		Assez bien visible.
	490.3		Bien visible.
	487.3		Assez forte.
	486.5		—
	485.5		Assez bien visible.
	482.9		—
	480.6		Faible (L. de B.).
	478.6		Assez bien visible.
	476.2		Faible (L. de B.).
	475.5		—
	473.2		—
Ni γ	471.4		Intense.
	464.7		Assez forte.
	460.7		— (L. de B.).
	459.4		— —
	447.2		— —
	446.1		— —
Ni ζ	440.2		Très forte.
	432.6		Très faible (L. de B.).
	428.9		A peine visible (L. de B.).

POLYDYMITE ($\text{Ni}^4 \text{S}^5$) ET GRUNAUITE

Ces deux sulfures de nickel conduisent assez facilement, et donnent de bons spectres présentant les raies du nickel et du soufre comme la *Millérite*. Je n'ai donc pas donné ici de tableau spécial pour chacun de ces minéraux, me bornant à signaler les observations suivantes, faites avec le spectroscopé à deux prismes, dont l'emploi est préférable

à cause de la multiplicité des raies présentées par les deux espèces.

Polydymite. Sudbury, Ontario (Canada). (Collection du Muséum). — Échantillon formé de polydymite proprement dite, gris d'acier, mélangée à la *chalcopyrite*; les morceaux soumis à l'expérience ont été débarrassés avec soin de ce dernier minéral. Malgré cela, le spectre donne, avec des intensités variant suivant les fragments étudiés, les raies du cuivre :

(578.4) (529.2) α_1 (521.7), β (513.3), α_2 (510.5).

Les raies du soufre sont moins visibles que dans la *Millérite*, mais celles du nickel sont bien intenses, notamment :

(617.6), (610.7), α (547.6), θ (514.2), η (511.5), β (508.0), (503.5), (501.6), ε (498.3) (497.9), (490.3), (486.5), (485.5), γ (471.4), (446.1), ζ (440.2).

Elles sont facilement visibles avec un seul prisme, notamment α , γ , ζ ...

Les raies du fer sont bien marquées et également fortes dans tous les fragments, elles prédominent surtout dans la partie violette du spectre où les raies du nickel sont rares. Voici les plus importantes :

Fe α (526.8) (522.6)
 Fe δ (519.4)
 Fe β (495.6)
 Fe γ (441.4) (440.4) (438.3)
 Fe η (432.5) (430.7)
 Fe λ (427.1) (426.0).

Les minerais nickélifères de ce gisement ont été l'objet

de plusieurs analyses. Clarke et Catlett ⁽¹⁾ leur attribuent la formule $\text{Ni}^3 \text{Fe S}^5$, tandis que d'autres échantillons de même provenance devraient, suivant Mackensie (in Dana, *System of Mineralogy*, 1892), être rattachés à la *Pentlandite* Fe Ni S . Voici ces analyses :

	Polydymite (Clarke et Catlett).	Pentlandite (Mackensie).
Soufre	40.80	34.25
Fer	15.57	25.81
Nickel	41.96	39.85
Cuivre	0.62	0.24
Silice	1.02	
	99.97	100.15

Grünauite. De Grünau, Sayn.-Altenkirchen. (Collection du Muséum n° 68-68), avec gangue de sidérose. — Donne aussi facilement que la *Polydymite* un spectre semblable, mais encore plus variable, ce qui tend à confirmer les vues de M. Laspeyres dont les analyses l'ont conduit à considérer cette espèce hypothétique comme un simple mélange de *Polydymite*, de *Bismuthine* et de *Galène*. Les raies du fer et du cuivre ont été beaucoup moins visibles que dans la *Polydymite*, tandis qu'on observait les raies du zinc, visibles d'une manière très nette et continue :

α (481.0), γ (472.4), δ (467.8).

Le bismuth dont la teneur varie, suivant les analyses, de 10 à 14 0/0, n'a pas été constaté dans le spectre comme un élément constituant des fragments essayés, mais a été représenté comme un élément accidentel par les raies :

(545.0), (527.0), (499.3), α (472.2).

Il faut d'ailleurs noter que les raies $\text{Bi}\gamma$ (520.8) et $\text{Bi}\varepsilon$ (514.3)

(1) *American Journal of Science*, 1889, t. 37.

étaient éteintes par le voisinage des raies $\text{Cu } \alpha_1$ et $\text{Cu } \beta$ du cuivre, toujours fortes, quoique d'intensité variable suivant les morceaux.

BLENDE (ZnS) ET WURTZITE.

Ces deux formes, résultant du dimorphisme du sulfure de zinc, sont également non conductrices, ce que pouvait faire prévoir leur translucidité. L'examen spectroscopique direct ne donne donc pas des résultats satisfaisants dans ce cas. On finit cependant par arriver à volatiliser partiellement ces deux minéraux dans une forte étincelle et par obtenir les quatre principales raies du zinc :

$\text{Zn } \beta$ (636.3)

$\text{Zn } \alpha$ (481.0)

$\text{Zn } \gamma$ (472.2)

$\text{Zn } \delta$ (467.9)

Elles sont fortes et bien visibles au milieu de celles de l'air et du platine des pincés.

MOLYBDÉNITE. MoS_2 .

Ce minéral exige une assez forte étincelle pour donner un spectre qui présente les raies vives et très fines caractéristiques du molybdène. La raie rouge (602.9) et les raies vertes (556.9), (553.1), (550.5) sont facilement reconnaissables à première vue. Malgré l'augmentation de la surface du condensateur jusqu'à la tripler, les raies du soufre n'ont pu être aperçues. On opérait sur des lames de clivage naturel. En supprimant le condensateur, non seulement les raies les plus vives du molybdène étaient visibles, mais presque toutes celles qui sont citées dans le tableau.

Après l'expérience, on constate qu'aux points où se produisait l'étincelle la molybdénite est transformée en oxyde blanc.

Molybdénite. MoS^2 .

λ Mo		λ Mo	
602.9	Forte, étroite.	481.8	Bien marquée, étroite, vive.
588.8	— —	475.8	Bien marquée, étroite, vive.
585.7	Assez forte, étroite.	473.1	Bien marquée, étroite, vive.
579.1	Bien marquée, étroite.	470.7	Bien marquée, étroite, vive.
575.0	— —	453.6	Bien visible.
568.8	— —	447.5	—
564.9	Assez bien visible.	443.4	—
563.1	— —	441.2	—
556.9	Tr. forte, vive, étroite.	438.0	—
553.2	— —	432.6	Assez bien visible.
550.5	— —	427.7	Assez forte, diffuse.
536.0	Diffuse, bien visible.		
486.8	Bien marquée, étroite, vive.		
482.9	Bien marquée, étroite, vive.		

STANNINE (*Cornouailles*). Cu^2S . FeS . SnS^2 .

Irrégulièrement conductrice, ne se comporte pas comme un minéral homogène; la plupart des échantillons rougissent de suite en donnant un spectre continu. Les spectres qui ont pu être observés rapidement avant l'incandescence des fragments étaient ceux d'une *Chalcopyrite* zincifère et stannifère.

Les raies de l'étain suivantes ont été vues :

645.2 forte.

579.8 forte.

558.8 diffuse, assez forte.

556.3 diffuse, assez forte.

533.2 diffuse, assez bien visible.

452.4 forte.

Lorsque le fond du spectre devient continu, on voit se détacher quelques-unes des raies ci-dessus, et surtout celles du cuivre et du zinc.

Arséniures.

ALLEMONTITE. SbAs^3 . (*Allemont. Isère*).

Ce minéral donne facilement un bon spectre de l'antimoine et de l'arsenic, particulièrement intéressant en ce qu'il nous fait connaître la manière dont ces deux métalloïdes paraissent simultanément dans un même spectre; ce cas se présentant souvent dans les minéraux métalliques. Contrairement à ce qu'aurait pu nous faire supposer l'analyse de l'*Allemontite* (Rammelsberg),

As	62.15
Sb	37.85
	100.00

les raies de l'antimoine sont plus visibles que celles de l'arsenic (cependant prédominant dans ce minéral), notamment lorsqu'on considère les parties rouges et vertes du spectre. On peut donc prévoir que l'antimoine se reconnaîtra plus facilement lorsqu'il se trouvera dans les sulfoarséniures, qu'inversement l'arsenic ne pourra être décelé dans les sulfoantimoniures; c'est ce qui a paru confirmé dans l'examen de ces groupes minéraux.

Avec un spectroscope à un seul prisme, plusieurs raies de ces deux éléments se confondent ou sont très difficiles à séparer surtout dans le rouge. On reconnaîtra principalement l'arsenic aux raies α_2 (549.8) et surtout γ (533.1), ε (523.0), ζ (510.3). Ces deux dernières raies, quoique fortes, n'ont pas été signalées par Thalén, qui s'était borné à étudier le spectre du chlorure d'arsenic. Elles ne figurent pas dans les ouvrages français et sont cependant d'une grande importance pour distinguer l'arsenic de l'antimoine.

L'*Allemontite* donne une étincelle blanche et un dépôt blanc d'oxydes, formés d'acides antimonieux et arsénieux.

Allemontite. SbAs^3 .

	Sb.	As.	
	684.4		Faible.
	680.2		—
	677.5		—
	665.0		—
	651.3		Bien visible.
	650.0		—
		634.8	—
	630.2		Assez bien visible.
	628.3		—
		625.6	Bien visible.
	624.6		—
	620.8		—
	619.6		Faible.
$\text{As}\delta_1$		617.0	Forte.
	615.5		Faible.
		613.7	—
$\text{Sb}\gamma$	612.8		Forte.
$\text{As}\delta_2$		611.0	Forte (un peu moins que $\text{Sb}\gamma$).
$\text{Sb}\delta$	607.8	607.8	Forte, commune à Sb et As.
	605.1		Assez forte.
		602.3	—
$\text{Sb}\alpha$	600.4		Très forte.
	598.1		Bien marquée.
$\text{Sb}\zeta$	590.9		Forte.
	589.3		—
	584.6		Assez facilement visible.
		583.1	— — —
	579.2		Faible.
	571.4		—
	570.0		—
$\text{As}\beta$		565.1	Très forte.
$\text{Sb}\varepsilon$	563.8		Bien marquée.
$\text{Sb}\beta_1$	556.8		Forte.
$\text{As}\alpha_1$		555.8	Forte (un peu plus que $\text{Sb}\beta_1$).
$\text{As}\alpha_2$		549.8	Forte.
$\text{Sb}\beta_2$	546.4		Bien marquée.
	538.0		— —
$\text{As}\gamma$		533.0	Forte.
	624.0		Diffuse, assez bien visible.
$\text{As}\varepsilon$		523.1	Diffuse, très bien visible.
$\text{Sb}\eta$	517.6		— — —
		516.3	Assez bien visible.
	514.2		Bien visible, diffuse.
	511.3		Assez bien visible, diffuse.
$\text{As}\zeta$		510.6	Forte, large, diffuse.
	504.5		Diffuse, large.
	503.5		Assez bien visible.

Sb.	As.	
	498.4	Bien visible.
494.9		— diffuse.
	488.6	—
487.8		— diffuse.
483.4		Assez bien visible, diffuse.
478.6		Faible.
476.7		—
475.8		—
473.5		Assez bien visible.
	473.0	— —
471.2		— —
469.2		Bien marquée.
	462.3	Assez bien visible, diffuse.
	459.4	Bien visible, large, diffuse.
	455.0	— diffuse.
	453.7	— —
	449.6	— —
	447.3	Diffuse, large, assez forte
	446.5	— — — } presque confondues.
	445.7	— — —
	443.0	Assez forte, diffuse.
	441.3	Bien visible, diffuse.
435.1	435.0	— confondues.
	433.5	Assez bien visible.
	431.3	Bien visible.
426.4		Assez bien visible.
	422.9	— —
	420.7	— —
	419.6	— —

NICKÉLINE. NiAs . CHLOANTITE. NiAs^2 .

Ces deux espèces possédant la même composition qualitative ont été réunies en un même tableau. Bien que leur teneur en bismuth soit inférieure à un centième (de 0.54 à 0,20 0/0), elles donnent toutes les deux faiblement, mais d'une manière assez nette, celles des principales raies du bismuth, qui ne sont pas éteintes par l'éclat de raies voisines de l'arsenic et du nickel, c'est-à-dire (605.6), (565.5)

(527.0) (479.6) (470.5) (469.4) (439.0) (433.9) (411.9). Elles sont assez bonnes conductrices et donnent facilement de beaux spectres.

La *Nickéline* (NiAs) dégage, pendant l'expérience, une faible odeur alliagée, et un peu de fumées blanches. Par suppression du condensateur elle ne s'enflamme pas. Elle donne bien nettement les raies du nickel, à peu près aussi fortes que celles de l'arsenic. L'étincelle est blanche. Le spectre s'étend plus dans le violet qu'avec l'espèce suivante. — Echantillon de Thuringe.

Chloantite. NiAs^2 — Si l'on interrompt la communication avec le condensateur, le minéral s'enflamme comme de l'arsenic pur, en dégageant d'abondantes fumées d'acide arsénieux avec une forte odeur d'ail. Avec le condensateur, son spectre est caractérisé par la prédominance des raies de l'arsenic, celles du nickel restant au second plan; le contraste avec l'espèce précédente est frappant. Après la raie $\text{Ni}\gamma$ (474.4) le spectre s'affaiblit beaucoup.

Dans ces deux minéraux, les raies du cobalt n'ont pas été reconnues, celles du fer à peine visibles. On a entrevu faiblement les groupes du soufre $\text{S}\alpha$, $\text{S}\beta$, $\text{S}\gamma$.

Nickéline, de Wittichen par Petersen :

Arsenic	53.49
Soufre	1.48
Nickel	43.86
Fer	0.67
Bismuth	0.54
	99.74

Chloantite. $\text{Ni As}^2 = \text{As } 71.9 \text{ Ni } 28.1$.

Nickéline et Chloantite.

	Ni	As	
		640.5	Faible.
		534.8	—
	631.3	—	—
	626.1		Bien visible.
	617.6		Forte.
Asδ ₁		617.0	—
	611.5		Bien visible.
Asδ ₂		611.0	Forte.
		607.8	Bien marquée.
		602.4	Assez forte.
	589.2		Bien marquée.
	585.6		Fine, assez bien visible.
		583.8	Très faible (??)
		583.1	Faible.
	580.2		—
	576.0		Fine, assez bien visible.
	575.4		—
	571.4		—
Asβ		565.1	Forte.
		561.9	Faible.
		559.5	—
Asα ₁		555.9	Forte.
Asα ₂		549.9	—
Niζ	547.6		Forte, vive.
		540.8	Faible.
Asγ		532.9	Forte.
Asε		523.0	Forte, moins que Asγ et plus diffuse.
	517.6		Bien visible.
	516.8		—
	515.5		Bien marquée.
	514.6		—
Niθ	514.2		—
	513.7		Faible.
Niη ₁	511.5		Bien marquée.
Asζ		510.5	Forte bande diffuse.
Niη ₂	510.0		Bien marquée.
Niξ	508.0		—
	504.8		—
	503.5		—
	501.6		—
Niε	498.3		—
	497.9		—
	495.1		Faible.
	493.5		Bien marquée.
	491.8		—
	490.4		—
		488.6	—
	487.3		Assez fort.
	486.6		—
	485.4		—

	Ni	As	
Niγ	483.0	•	Faible
	482.9		Faible } presque confondues.
	478.6		Bien marquée.
	475.5		Faible.
	473.3		Bien marquée.
		473.0	Diffuse, faible.
	471.4		Très forte.
	464.7		Bien marquée.
	473.3		—
	455.0	463.3	Assez bien visible.
Niζ		449.5	Bien visible, diffuse.
	447.0		— —
	446.0		— —
	440.2		Forte.
	428.7		Faible.
		420.7	—
		403.5	—

DOMEYKITE. Cu^2As .

Parracutas. (Collection de l'École des Mines.)

Ce minéral présente, ainsi que l'*Enargite* ($\text{Cu}^2\text{S} \cdot \text{As}^2\text{S}^3$), le phénomène curieux de ne jamais donner les raies de l'arsenic avec des éclats pris à sa partie extérieure. Ce métalloïde subit sans doute une altération facile qui le rend soluble sous l'action des agents atmosphériques. Le spectre qui a fourni le tableau ci-contre a été obtenu au moyen de fragments gris pris à l'intérieur d'un échantillon provenant du « cerro de las Parracutas » au Mexique. Analysé par Frenzel, il a donné :

Arsenic	27.10
Cuivre	72.99
	100.09

On obtient facilement un bon spectre du cuivre et de l'arsenic. Les principales raies de ce dernier sont bien visibles, sauf As_ε (523.0), peu visible, du moins avec un seul prisme, par suite du voisinage et de l'intensité de Cu_ζ

(521.7). De même pour As ζ (510.4) à cause de Cu α_2 (510.5), qui la masque complètement même avec deux prismes. On a aussi un grand nombre de raies du fer, fines, étroites et faibles, se détachant sur le fond, toujours plus ou moins éclairé, du spectre. On n'a pas, d'une manière appréciable, l'odeur alliaccée et les fumées blanchâtres qui accompagnent ordinairement les arséniures.

Domeykile.

	λ Cu	λ As	
Cu ε	637.9		Faible.
As δ_1	621.9		Assez forte.
As δ_2		616.9	Large, diffuse.
		611.0	Assez forte.
		602.2	Bien marquée.
Cu γ	578.1		Forte.
Cu δ	570.0		—
As β		565.1	—
As α_1		556.0	—
As α_2		549.8	—
As γ		533.0	Bien marquée.
	529.2		
As ε		523.0	Peu visible.
Cu α_1	521.7		Intense.
Cu β	515.3		—
Cu α_2	510.5		—
	501.1		Bien visible.
	495.6		Assez bien visible, diffuse.
	493.3		Nébuleuse.
	491.1		—
	470.0		—
	464.9		Assez bien visible.
		462.7	Faible.
		453.8	Assez bien visible.
		449.8	—
		443.0	Faible.
		437.0	—
	427.5		Assez bien visible.

LEUCOPYRITE Fe 3 As 4 et LÖLLINGITE FeAs 2 .

Etats-Unis et Andreasberg. (Collection de l'École des Mines.)

Ces deux minéraux, dont plusieurs minéralogistes ne font qu'une seule et même espèce, ne varient que par leur

teneur en arsenic, plus grande dans la *Löllingite* (72 0/0) que dans la *Leucopyrite* (64 0/0). Cette différence de composition centésimale ne semble pas influencer sur l'aspect du spectre, analogue à première vue à celui du mispickel, les raies du soufre ne pouvant être observées, en présence du fer et de l'arsenic, qu'avec une assez forte dispersion. Le spectre de l'arsenic est bien visible et ses principales raies faciles à reconnaître; elles paraissent plus fortes que celles du fer qui les accompagne. La raie $\text{As}\gamma$ (533.1) masque à peu près complètement la raie $\text{Fe}\epsilon$ (522.7), et paraît alors élargie lorsqu'on observe avec un seul prisme. Dans les mêmes conditions, $\text{As}\epsilon$ (523.0) se confond, elle aussi, avec une autre raie du même groupe du fer, $\text{Fe}\epsilon$ (522.6), qu'elle masque de son éclat. Dans le violet, l'intensité des raies du fer reprend le dessus et les groupes $\text{Fe}\gamma$, $\text{Fe}\eta$, $\text{Fe}\lambda$ sont bien visibles. Une goutte d'acide chlorhydrique, ou d'eau fortement acidulée, augmente beaucoup l'intensité relative des raies du fer.

La *Löllingite* donne une étincelle blanche, l'odeur d'ail et d'abondantes fumées d'acide arsénieux; si l'on supprime le condensateur, l'étincelle est jaune rougeâtre et le minéral ne s'enflamme pas comme la *Chloantite*, qui cependant contient la même quantité d'arsenic (72 à 75 0/0).

La *Leucopyrite* donne la même étincelle blanche et aussi facilement, mais l'odeur d'ail est plus faible et les fumées notablement moins abondantes. (Echantillons de Orange Co, n. y. États-Unis.)

Leucopyrite	$\text{Fe}^3\text{As}^4 = \text{Fe } 35.9; \text{As } 64.1$
Löllingite (Andreassberg)	$\text{FeAs}^2 = \text{Fe } 27.2; \text{As } 72.8.$

Leucopyrite. Löllingite.

	λ_{Fe}	λ_{As}	
	649.0		Assez forte.
	640.0		—
	625.4		—
$As\delta_1$		616.9	Forte.
$As\delta_2$		611.0	—
	602.3		} Diffuse.
	600.7		
	598.6		
	591.5		
$As\beta$		565.1	Forte.
	561.4		Assez bien marquée, fine.
$Fe\theta$	558.6		— — —
	557.2		— — —
$As\alpha_1$		555.8	Forte.
$As\alpha_2$		549.8	—
	544.4		Fine, faible.
	542.9		—
	539.2		—
	538.2		—
$Fe\varepsilon$	537.0		Bien marquée.
$As\gamma$		533.1	Forte.
	532.7		Assez forte.
$Fe\alpha$ } $As\varepsilon$	526.8		—
	(523.1)	523.0	Forte.
	522.6		Assez forte.
	519.1		Fine, faible.
	516.8		Bien marquée.
	513.9		Fine, faible.
$As\zeta$		510.4	Forte.
	495.6		Bien marquée.
$Fe\beta$	491.9		—
	489.0		Bien visible.
$Fe\zeta$	487.7		—
	452.8		Assez bien visible.
	449.3		— —
		447.3	Forte.
		446.5	Assez forte.
	441.4		Fine, nette, faible.
$Fe\gamma$	440.4		Forte.
	438.3		—
	432.5		—
$Fe\eta$	431.4		—
	430.7		—
$Fe\lambda$	427.1		—
	426.0		Faible.
	425.0		—

SMALTINE. CoAs^2 . (*Échantillon du Valais.*)

Conduit facilement le courant, avec une étincelle blanche qui donne un dépôt blanc grisâtre sur les pinces. Comme le fait prévoir sa composition centésimale, les raies de l'arsenic sont très vives et prédominantes dans son spectre; les raies du cobalt sont nettes mais d'une intensité modérée; les plus faciles à reconnaître sont $\text{Co}\gamma$ (486.7), $\text{Co}\zeta$ (483.9), $\text{Co}\iota$ (481.3) et (479.2) dont la position dans le bleu ne permet aucune confusion. Les raies du fer sont visibles surtout dans le violet où les groupes $\text{Fe}\gamma$, $\text{Fe}\eta$, $\text{Fe}\lambda$ sont très vifs. On voit aussi, mais faiblement, quelques raies du nickel, par exemple $\text{Ni}\alpha$ (547.6), et quelques-unes du soufre, des groupes $\text{S}\alpha$, $\text{S}\beta$, $\text{S}\gamma$ mélangées à celles du fer. Si l'on supprime le condensateur, on n'a plus que les principales raies du cobalt et quelques-unes du fer.

Un échantillon de Gistain (Aragon) donne plus fortement les raies du nickel.

$$\text{Co As}^2 = \text{Co } 28.2; \text{As } 71.8.$$

Smalline.

	Co	As	
As δ_1		616.9	Très forte.
As δ_2	614.3	611.0	Bien marquée.
		607.8	Forte.
		602.3	Assez forte.
As β	600.4		Forte.
		565.1	Bien marquée.
As α_1		562.2	Très forte.
As α_2		555.7	Assez forte.
Co ε	548.2	549.8	Très forte.
	545.2		—
	544.3		Faible.
Co α	535.3		Assez bien visible.
As γ		533.0	—
	527.9		Bien visible.
Co β	526.7		Forte.
	526.6		Bien marquée.
As ε		523.0	Assez forte.
Co δ	521.2		Bien visible.
	519.0		Assez forte.
		516.3	Bien marquée.
	515.5		Faible.
As ζ	513.4		Assez forte.
As η		510.5	Bien marquée.
		498.4	Faible.
		488.6	Large, forte.
Co γ	486.7		Bien marquée.
Co ζ	483.9		Bien visible.
Co ι	481.3		Faible.
	479.2		Bien visible.
	477.9		—
	474.8		Bien marquée.
		473.0	Bien visible.
		453.8	Faible.
Co θ	453.0		Bien visible.
		443.0	—
			Diffuse.

Antimoniures.

LA DYSCRASE. Ag^3Sb . (*Échantillon de Wolfach, Baden.*)

Bonne conductrice, donne, en conséquence, facilement un bon spectre de l'argent et de l'antimoine avec une parfaite netteté. Les raies de l'antimoine sont seules visibles dans le rouge et l'orangé. Dans le vert, les raies de l'argent prédominent et masquent une partie de celles de l'antimoine, notamment (546.36) confondue avec $\text{Ag}\alpha$ (546.41). Dans le bleu, les raies de l'antimoine reprennent le dessus et sont plus visibles que celles de l'argent.

Pendant l'opération, il ne se dégage pour ainsi dire pas de fumées antimonieuses. L'étincelle est verte.

Analyse d'échantillons de même provenance, par Petersen :

Argent	71.52	83.85
Antimoine	27.20	15.81
Ag^3Sb	98.72	Ag^6Sb 99.66

Dans l'échantillon que j'ai étudié, la présence de la raie $\text{As}\gamma$ (533.4) bien nette et isolée et des raies $\text{As}\beta$ (565.4) et $\text{As}\alpha_1$ (555.8) visibles mais moins caractérisées, à cause du voisinage des raies de l'argent, permettait de déceler l'arsenic, même avec le spectroscope à un prisme.

Dyscrase.

	λ Ag	λ Sb	
		677.5	Bien visible.
		651.3	Assez bien visible.
		639.0	Assez forte.
		630.2	—
		624.6	Forte.
		620.8	—
Sb γ		612.9	Très forte.
Sb δ		607.8	—
		605.1	Assez bien visible.
Sb α		600.4	Très forte.
		598.0	Bien visible.
Sb ζ		590.9	Forte.
		589.4	—
		579.2	Assez bien marquée.
	565.6		Bien marquée.
	564.5		—
Sb ε		563.8	Forte.
	562.3		Assez forte.
	559.0		Bien visible.
Sb β		556.8	Forte.
	555.2		Assez forte.
	552.2		Assez bien visible.
Ag γ	547.0		Assez forte.
Ag α	546.4		Intense.
	542.3		Faible.
	540.1		Assez forte.
		538.0	Faible.
		524.0	—
Ag β	520.9		Intense.
Sb η		517.6	Assez bien marquée.
		514.2	—
		511.3	Faible.
		494.8	Assez forte.
		487.8	Bien visible.
	487.4		Assez bien visible.
		478.6	Faible.
		471.2	Bien marquée.
		469.2	—
	466.6		—
		459.1	—
		442.2	Faible.
		435.1	Assez forte.
		426.4	Bien marquée.
		421.9	Assez bien visible.

ARITE (*Breithauptite arsénifère*). Ni (Sb, As).

(De la mine d'Ar, vallée d'Ossau, Basses-Pyrénées.)

Donne facilement un bon spectre où les raies du nickel et de l'antimoine sont prédominantes ; celles de l'arsenic sont bien visibles aussi, dans le rouge surtout. Pendant l'expérience, il se dégage des fumées blanches, formant un abondant sublimé sur les pincés.

Les raies du zinc sont bien nettes ; on a entrevu celles du soufre, à peine visibles. Voici une analyse de l'*Arite*, de ce gisement par Pisani :

Arsenic	41.5
Antimoine	48.6
Soufre	1.7
Nickel	37.3
Zinc	2.4
	101.5

Arite.

	Ni	As	Sb	
As _{δ1}		616.9	624.6	Bien marquée.
Sb _γ			612.9	Forte.
As _{δ2}		611.0		Très forte.
Sb _δ			607.8	Assez forte.
			605.2	Très forte.
		602.3		Bien marquée.
Sb _α			600.4	—
Sb _ζ			590.9	Très forte.
			589.4	Forte.
As _β		565.1		—
Sb _ε			563.8	Assez forte.
Sb _{β1}			556.8	—
As _{α1}		555.9		—
As _{α2}		549.9		Forte.
Ni _α	547.6			—
Sb _{β2}			546.4	Très forte.
			538.0	Assez forte.
As _γ		533.0		Bien marquée.
As _ε		523.0		Assez forte.
Sb _η	(517.6)		517.6	Bien marquée.
	515.5			Assez bien marquée, non dédoublée.
	514.6			—
Ni _θ	514.2			—
Ni _{η1}	511.5			Bien marquée.
As _ζ		510.4		—
Ni _{η2}	510.0			—
Ni _β	508.9			A peu près confondues, assez bien mar-
	508.0			quées.
	503.5			Assez forte.
	501.6			Bien marquée.
	498.3	498.3		Assez bien marquée.
	497.9			Bien marquée, non dédoublée.
	492.5			—
	491.8			Assez bien visible.
	486.5			—
	485.5			Assez bien marquée.
	483.0			—
	478.6			Assez bien visible.
	475.5			Bien marquée.
	471.4			—
Ni _γ			469.2	Forte.
			459.1	Assez bien visible.
		449.5		Bien visible.
		446.6		Diffuse, assez bien visible.
		445.6		Bien visible.
				—
Ni _ζ	440.2	(435.0)	435.1	Assez forte.
			426.4	Assez forte, non dédoublée.
				Bien visible.

Sulfo-Arséniures.

REALGAR. As S .

Donne sans difficulté, en employant de petits morceaux, un assez bon spectre, par volatilisation. Les raies du soufre sont à peine visibles, mais celles de l'arsenic sont très belles et le spectre de ce métalloïde est à peu près complet. Je l'ai donné au commencement de ce travail et ne le répète pas ici.

ORPIMENT. $\text{As}^2 \text{S}^3$.

On obtient très difficilement, en faisant lécher par l'étincelle de petits morceaux d'orpiment, un spectre où les principales raies de l'arsenic apparaissent fortes, mais irrégulièrement, au milieu de celles de l'air et du platine. On observe sur les pinces un dépôt d'orpiment volatilisé sans décomposition.

SULFOARSÉNIURES DE PLOMB.

	<u>Pb.</u>	<u>As.</u>	<u>S.</u>
Dufrénoysite . $2 \text{ Pb S. As}^2 \text{S}^3$	57.1	20.7	22.2
Guitermanite. $3 \text{ Pb S. As}^2 \text{S}^3$	66.1	14.4	19.3

(Collection du Muséum, nos 50-173 et 87-153.)

Ces deux minéraux donnent beaucoup plus facilement que les sulfoantimoniures correspondants, de bons spectres. Avec le condensateur, l'étincelle est blanche, il se forme sur la pince, au voisinage de l'essai, une auréole jaunâtre, et plus loin un dépôt blanc grisâtre d'acide arsénieux.

Sans condensateur, il y a grillage du minéral avec l'odeur alliagée et les fumées arsenicales. La *Guitermanite* n'a paru plus conductrice que la *Dufrénoysite* et la partie rouge de son spectre est meilleure.

Les raies les plus caractéristiques de l'arsenic sont les rouges δ_1 et δ_2 , bien nettes, tandis que les raies vertes sont moins fortes que celles du soufre. Les raies du plomb et celles du soufre sont à peu près aussi bien représentées en nombre et en intensité que dans la galène.

En résumé, ces deux minéraux se comportent, la *Guitermanite* surtout, comme des *Galènes* arsenifères. Toutes deux donnent faiblement, mais sans hésitation possible, les raies du cuivre

$$(\text{592.2}) \quad \alpha_1 (\text{521.7}) \quad \beta (\text{515.2}) \quad \alpha_2 (\text{510.5}) \quad (1).$$

Si l'on supprime le condensateur, le minéral dans le grillage qui s'opère, devient incandescent en donnant un spectre continu sur lequel se détachent faiblement les raies du cuivre ci-dessus, quelques-unes des principales raies du plomb γ , δ , β , α , et surtout la belle raie verte du *thallium* Tl α (534.9) forte, par intermittences surtout. Avec le condensateur, elle est visible aussi, assez bien dans la *Dufrénoysite*, faiblement dans la *Guitermanite*.

Je donne à la fin du mémoire une planche contenant le spectre de la *Dufrénoysite*, qui peut aussi bien s'appliquer à la *Guitermanite*. On n'y a fait figurer que les raies « bien marquées » ou d'intensités supérieures.

La *Guitermanite* provenait de Zuni (Colorado), et la *Dufrénoysite*, de Binnen.

(1) α_2 du cuivre se confondant avec As ζ (510.5).

Sulfo-arséniures de Plomb.
(Guitermanite. — Dufrénoysite.)

	Pb	As	S	
	665.6			Forte.
S ψ			631.9	Assez visible.
			630.8	—
			629.0	—
As δ_1		625.6		—
		616.9		Très forte.
As δ_2		611.0		Forte.
		607.8		Assez bien marquée.
		602.3		—
Pb ε	600.2			Assez forte.
	587.4			Bien marquée.
	585.6			—
			567.2	—
As β S α		565.1		—
			564.2	—
		561.9		Très faible.
Pb γ	560.8			Très forte.
As α_1		555.8		Diffuse, bien visible.
	554.6			Diffuse.
			552.7	Faible.
			551.3	—
As α_2		549.8		Bien visible.
			547.2	—
S β			545.2	Bien marquée.
			543.4	—
			542.9	Assez bien visible.
Pb ζ	537.3			Forte, diffuse.
			534.3	Bien marquée.
S γ As γ		533.0		Assez bien marquée.
			532.0	Bien marquée.
		528.7		Assez bien visible.
As ε		523.0		Faible.
S δ			521.9	Assez bien marquée.
	520.7			Bien visible.
Pb δ	520.1			Forte.
		516.3		Assez bien visible.
As ζ		510.5		Bien visible.
	504.5			Assez forte.
S ε			503.1	Bien marquée.
			502.1	Assez bien visible.
Pb β	500.5			Forte (vient renforcer ac α).
			494.1	Assez bien visible.
S ζ			492.4	Bien marquée.
S η			481.4	—

	Pb.	As.	S.	
	→			
	480.2			Assez bien visible.
	479.6			Faible.
	476.0			Bien visible.
Sn		454.9	471.6	Faible.
		449.6		Assez bien visible.
Pb $\frac{\gamma}{\delta}$	438.6			— Très forte.
Pb $\frac{\delta}{\gamma}$	424.6			—
Pbz	406.2			Forte.

PROUSTITE. 3AgS , As_2S_3 .

Provenance incertaine. (Collection du Muséum.)

Échantillon rouge translucide. Bien que la *Proustite* ne soit pas conductrice, elle se volatilise cependant facilement dans l'étincelle, qu'elle colore en beau vert, en donnant comme les sulfo-arséniures, une auréole jaunâtre d'orpi-
ment sur la pince et un léger dépôt blanc plus gris que celui de l'arsenic. Dans ces conditions, on a facilement les trois principales raies de l'argent γ , α , β . Les raies du soufre et de l'arsenic sont plus fugitives et plus difficiles à voir; cependant les raies rouges de l'arsenic $\text{As}\delta_1\delta_2$ et les deux suivantes sont fortes et bien visibles, ainsi que le groupe $\text{S}\frac{\gamma}{\delta}$ du soufre. Si l'on supprime le condensateur, les trois principales raies de l'argent subsistent seules, mais toujours très vives. Malgré le défaut de conductibilité du minéral, et à cause de sa volatilité, une fois l'étincelle verte produite, on n'est plus gêné par les raies du platine, et les raies de l'air sont à peine visibles.

Proustite.

	Ag	As	* S	
Sψ			631.9	Bien marquée.
			630.8	—
			629.0	—
Asδ ₁		619.9		Très forte.
Asδ ₂		611.0		Forte.
		607.8		—
		602.3		Bien marquée.
			566.2	Bien visible.
Asβ		565.1		—
			564.2	—
Sα	562.2			Assez bien visible.
			561.6	Très faible.
			560.7	Bien visible.
Asα ₁	555.2	555.9		Diffuse, faible.
Asα ₂		549.9		Assez bien visible.
Agγ	547.0			Faible.
Agα	546.4			Forte, fine.
Sβ			545.2	Intense.
			543.4	Bien visible.
			542.9	—
	540.1			Assez bien visible.
			543.5	—
Sγ		533.0		Bien marquée.
Asε		523.0		—
			532.0	—
Agβ	520.8			Faible.
A ζ		510.5		Assez bien visible.
			504.5	Intense.
Sε			503.1	Bien marquée.
Sζ			501.3	—
Asη	487.4	498.4	492.4	Bien visible.
				Faible.
				—
				Bien marquée.

GERSDORFFITE OU *Disomose* (Hongrie).

(Collection du Muséum.)

Ce minéral donne facilement une étincelle blanche dont le spectre est surtout formé des lignes, même secondaires, de l'arsenic. Elles prédominent sur celles du nickel, sur-

tout si l'étincelle n'est pas très forte. Les raies du soufre sont peu visibles, on augmente leur netteté avec un condensateur de surface double (deux jarres au lieu d'une). Si au contraire on supprime le condensateur, l'essai devient incandescent en donnant un spectre continu sur lequel se détachent les principales raies du nickel, celles de l'arsenic et du soufre ayant disparu. Les raies de l'arsenic sont réparties dans tout le spectre avec l'intensité relative qu'elles ont dans le spectre pur de ce métalloïde. Elles sont seulement mélangées dans le violet avec les raies du fer non mentionnées dans le tableau. Les raies du nickel les plus caractéristiques, et venant sans condensateur, sont :

	Ni			Ni	
α	547.6	Très forte.	ϵ	501.7	Assez forte.
	517.6	Assez forte.		498.4	Bien marquée.
	516.9	—		497.9	—
β	508.0	Forte.	γ	471.4	Forte.
	503.5	Assez forte.			

Les groupes du soufre les mieux visibles avec un fort condensateur sont $S\psi$, $S\alpha$, $S\gamma$. Ils sont faciles à reconnaître. Ce spectre n'est pas, comme on aurait pu le penser, celui d'une *Millérite*, très arsénifère, mais au contraire d'un arséniure de nickel contenant du soufre, c'est ce que confirme la teneur centésimale du minéral :

Ni As S = Ni 35,4; As 45,3; S 19,3.

Plusieurs des principales raies du fer sont visibles, surtout dans le violet. Ce métal est en effet toujours décelé par les analyses où il figure depuis 0,99 jusqu' 14,97 0/0.

Gersdorffite (Disomose ou Dobschauite.)

	Ni	As *	S	
S φ			640.2	Faible.
			638.9	—
		634.1		Assez bien marquée.
S ψ			631.9	Assez bien visible.
			630.8	—
			629.0	—
		625.7		Assez bien marquée.
As $\left\{ \begin{array}{l} \delta_1 \\ \delta_2 \end{array} \right.$		619.9		Très forte.
		611.0		Forte.
		607.8		Assez forte.
		602.3		Bien marquée.
		585.7		—
		583.8		Assez bien visible.
As β		565.1	565.2	Faible.
				Forte.
			564.2	Faible.
			562.2	Très faible (Fer?).
			560.7	Faible.
As α_1		555.9		Forte.
As α_2		549.9		—
Ni α	547.6			—
S γ $\left\{ \begin{array}{l} \text{As } \gamma \\ \text{As } \varepsilon \end{array} \right.$		533.0	534.3	Assez bien visible.
				Très forte.
			532.0	Assez bien visible.
As ε		523.1		Forte.
S δ			521.8	Assez bien visible.
	517.6			Visible surtout sans condensateur.
	516.9			—
As ζ		510.4		Très forte.
Ni β	508.0			Bien marquée.
			504.5	Assez bien marquée.
	503.5			Bien marquée.
			503.2	Assez bien marquée.
S ε	501.7			Bien marquée, surtout sans cond ^r .
			501.3	Assez bien visible.
As η	498.4	498.4		Plutôt faibles et confondues.
Ni ε	497.9			Assez bien visible.
	493.5			Bien marquée.
	491.7			—
	490.5			—
		488.5		—
	486.5			—
	485.5			—
	483.0			Faible.
S η			481.4	Assez bien visible.
	478.6			Bien marquée.
		473.0		Faible.
Ni γ	471.4			Forte.

	Ni	As	S
Niζ	464.7	462.3	Assez bien visible.
		459.4	Bien visible.
		455.0	—
		453.8	Assez large, bien visible.
		449.6	Bien visible.
		445.8	Bien marquée.
		443.0	—
	440.2	441.3	Diffuse, mais bien visible.
		434.9	Assez bien visible (Fer?).
		419.6	Bien marquée.
		408.1	Bien visible (Fer?).
		403.6	Assez bien marquée.
			Bien visible.
			—

CORYNITE. Ni (As, Sb) S.

Échantillon d'Olsa, Carinthie. (Collection de l'École des Mines.)

Peut être considérée comme une *Gersdorffite* (Ni As S) antimonifère et se montre, comme cette espèce, assez bonne conductrice, en donnant un dépôt blanc bien caractérisé sur les pincettes. Je ne fais pas figurer ici un tableau de son spectre, qui est celui de la gersdorffite, plus les raies suivantes de l'antimoine :

	Sb			Sb	
γ	615.5	Assez forte.	β ₂	546.4	Difficile à voir (1).
	612.9	—		537.9	Assez facilement visible.
δ	607.8	—	γ ₁	517.6	Assez facilement visible.
α	605.2	Bien marquée.		494.9	Faible.
ζ	600.4	Forte.		459.0	Assez bien visible.
ε	590.9	Bien visible.		445.6	—
β ₁	589.4	—			
	563.8	—			
	556.8	Assez bien visible.			

(1) A cause du voisinage de Niα (547.6).

Les raies rouges et orangées sont très faciles à reconnaître, celles du vert et du bleu sont atténuées par le voisinage des raies du nickel, nombreuses et très vives surtout : $\text{Ni}\alpha$ (547.6), intense ; $\text{Ni}\eta$ (511.5) (509.9), $\text{Ni}\beta$ (508.0), $\text{Ni}\epsilon$ (498.3) (498.0), $\text{Ni}\gamma$ (471.4), $\text{Ni}\zeta$ (440.2), très fortes. Les raies de l'arsenic sont aussi très fortes, comme dans la *Gersdorffite*, celles même d'importance secondaire sont bien visibles. Les groupes du soufre se distinguent assez bien, notamment $\text{S}\psi$ dans le rouge, $\text{S}\beta$, $\text{S}\gamma$, $\text{S}\epsilon$ dans le vert. Les autres sont entremêlés des raies des autres éléments en présence, qui souvent les éteignent de leur voisinage. La présence des principales raies du cobalt a aussi été constatée ; elles sont bien marquées sans être fortes :

$\text{Co}\beta$	527.9
	526.7
δ	521.2
ζ	481.9
ι	481.4

Dans le violet, les groupes du fer : $\text{Fe}\gamma$, $\text{Fe}\eta$, $\text{Fe}\lambda$ sont bien visibles.

ENARGITE. $3\text{Cu}^2\text{S} \cdot \text{As}_2\text{S}_3$.

Famatina. (Collection du Muséum, n° 87-90.)

Ce minéral, assez bon conducteur, se comporte au spectroscope comme une *Chalcosine* arsenifère. Il donne un beau spectre facile à obtenir, une étincelle verdâtre et des fumées blanc grisâtre.

Malgré son analogie avec la *Chalcosine*, j'en donne un tableau détaillé, afin qu'on puisse le comparer à celui de la

Famatinite $3 \text{ Cu}^2\text{S Sb}^2\text{S}^3$ qui se trouve dans le même gisement (Sierra de Famatina, République Argentine) et à laquelle l'*Enargite* se rattache par des types de passage plus ou moins arsenifères.

De même que pour la *Famatinite*, j'avais donné, à côté des raies de l'antimoine, celles de l'arsenic, j'ai placé ici côte à côte les raies de ces deux éléments. L'*Enargite* et la *Famatinite* représentent deux types extrêmes d'une série dont la formule générale peut s'écrire



Les raies de l'arsenic les plus caractéristiques dans l'*Enargite*, faciles à voir avec un prisme, sont les raies rouges, fortes et nettes, notamment δ_1 et δ_2 . Dans le vert, elles diminuent d'intensité dans le sens inverse de leur réfrangibilité. As_γ comprise entre les deux raies du soufre S_γ a le même éclat bien net, mais sans intensité notable.

Les raies du cuivre et du soufre se présentent comme dans la chalcosine.

Un autre échantillon de Morococha (Pérou), provenant de la collection de l'Ecole des Mines, n'a pas donné les raies de l'arsenic, même avec des fragments pris à l'intérieur de la masse.

Il a donné, comme le précédent, les principales raies du zinc, très vives et intermittentes, et les raies du fer, nettes bien que faibles, mais continues. J'ajouterai que l'*Enargite* de Famatina m'a donné passagèrement les principales raies du plomb, bien visibles.

Voici une analyse par Siewert et Döring (*Miner. Mitth.* 242, 1873) de l'*Enargite* de Famatina :

S	30.48	As	17.16	Sb	1.97	Cu	47.83	Fe	1.31
		Zn	0.52	Pb	0.73				

Enargite. (Famatina).

	Cu	Sb	As	S	
S φ	621.8	612.8	616.9	641.6	Faible.
S $\downarrow$				640.2	—
				638.9	—
				632.9	Bien visible.
				630.8	—
Cu ε			629.0	—	
As δ_1				Assez bien visible.	
Sb γ				Très forte.	
As δ_2			611.0	Assez bien visible.	
			607.8	Forte.	
			602.3	Assez bien marquée.	
Sb α				Bien marquée.	
Cu γ		600.3		—	
Cu δ	578.1			Forte.	
	576.0			Assez forte.	
S α { As β			566.2	Bien visible.	
			564.2	Bien marquée.	
			558.3	Bien visible.	
Sb β_1				—	
As α_1		556.7		—	
			555.8	Forte.	
As α_2			552.7	Bien visible.	
			549.8	Forte.	
S β { Sb β_1			547.3	Bien visible.	
		546.3		Assez forte.	
			545.2	Bien visible.	
S γ { As γ			534.5	Bien marquée.	
			533.0	—	
	592.2		532.0	—	
		534.2		Forte.	
As ε			523.0	Faible.	
Cu α_1	521.7			Assez bien marquée.	
S δ			520.1	Intense.	
		517.7		Faible.	
Cu β_1	515.2			—	
Cu α_2	510.5			Intense.	
			504.5	—	
			503.1	Assez forte.	
S ε			501.4	Assez bien visible.	
			499.5	Bien marquée.	
As γ_1		498.4		—	
	495.5			—	
		494.1		—	

	Cu	Sb	As	S	
Sζ	493.3			492.4	Bien marquée.
		487.8			Assez bien visible.
	470.3	476.8			Bien visible.
		469.1	462.3		Bien marquée.
					Faible.
					—
					Bien marquée.

MISPICKEL. Fe S^2 , Fe As^2 ou Fe As S .

Paraît aussi bon conducteur que la pyrite. On peut définir son spectre, en disant que c'est celui d'une *Pyrite* sur lequel se projettent, très vives, les raies rouges et vertes de l'arsenic.

Je me suis borné, dans le tableau suivant, à mentionner les raies du fer les plus nettes et les plus caractéristiques. Celles du soufre ne sont guère visibles avec un seul prisme, mais avec deux, les groupes $\text{S}\alpha$, $\text{S}\beta$, $\text{S}\gamma$, $\text{S}\delta$ sont faciles à reconnaître. Après l'expérience on constate un léger dépôt, blanc grisâtre, d'acide arsénieux sur les pincettes. En supprimant le condensateur, les raies du fer, et seulement les plus fortes, paraissent sur le fond lumineux du spectre.

Échantillon examiné : Duhut, près Massiac (Cantal).

Mispickel.

	Fe	As*	S	
		634.8		Bien marquée.
	623.0			—
As δ_1	619.0			Assez bien visible.
		616.9		Assez forte.
As δ_2		613.7		Bien marquée.
	606.5	611.0		—
	605.5			Assez bien marquée.
		602.3		—
	598.4			Bien marquée.
As β	591.3			Assez bien visible.
		565.1		—
			565.1	Forte.
S α	562.4		564.2	Faible.
	561.5			—
Fe θ	559.4	559.5	560.7	Bien marquée.
	557.5			Faible.
As α_1		555.8		Assez fortes, confondues.
As α_2		549.8		Bien marquée.
	545.5			Forte.
				Assez forte.
	544.5		545.2	Bien marquée.
S β				Assez bien visible.
			543.4	—
			542.9	Bien visible, légèrement diffuse.
	541.4			—
	540.5			Assez bien marquée.
	540.3			—
	539.6			—
	588.2			—
Fe ε	537.0			Bien marquée.
	536.8			Assez bien marquée.
			534.3	Bien visible.
S γ		533.0		Assez forte.
	532.7			Bien marquée.
	532.3			—
			532.0	Assez bien visible.
Fe α	530.1			Assez bien marquée.
	528.2			Bien marquée.
	527.4			Faible.
	526.9			Forte.
As ε		523.0		Assez forte.
	522.6			Bien marquée.
			521.8	Bien visible, légèrement diffuse.
S δ			521.2	—
			520.1	—

	Fe	As	S	
Fe β	519.4			Bien visible, légèrement diffuse.
	519.1			Assez forte.
	517.1			—
	516.8			—
	513.9			Bien marquée.
As ζ	513.3			Assez bien visible.
	513.0			Faible.
		510.5		Assez forte, diffuse.
			510.2	Faible, légèrement diffuse.
	505.0			Faible.
As η			504.5	Faible, légèrement diffuse.
	501.8			Bien marquée.
		498.4		Bien visible, diffuse.
	495.6			Forte double { 495.68
				495.66
S ζ			492.4	Faible.
Fe ζ	491.9			Forte.
	489.0			Assez forte.
		488.5		Bien visible.
	487.7			Assez bien marquée.
	487.0			Bien marquée.
Fe γ	485.9			Faible.
	452.8			Bien visible.
	449.3			—
	441.4			Forte.
	440.4			—
Fe η	438.3			—
	432.5			—
	430.7			—
	427.1			—
	426.0			—
Fe λ	425.0			—

COBALTINE. (Co Fe) As S.

Ce minéral, assez bon conducteur, se comporte spectroscopiquement comme un *Mispickel* cobaltifère, plus ou moins riche en ce dernier métal, suivant les échantillons. Il donne facilement un spectre brillant, avec formation

d'un léger dépôt blanc grisâtre, sur les pincés. Les raies rouges et vertes de l'arsenic sont fortes et distinctes à première vue, même avec un seul prisme, des nombreuses raies du fer au milieu desquelles elles se projettent.

Celles-ci, vives et abondantes comme dans la *Pyrite*, n'empêchent pas de reconnaître les raies du cobalt, dont les plus caractéristiques sont dans le bleu et dans une région du spectre où celles du fer sont moins abondantes. Voici les principales, très aisées à retrouver :

	Co			Co	
Co ϵ	548.3	Assez forte.	Co γ	486.8	Forte.
	537.0	—	Co ζ	484.0	—
Co α	535.1	—	Co ι	481.3	—
Co β	528.0	Bien marquée.		479.2	—
	526.6	—		478.0	Assez forte.
Co δ	521.2	—			

Elles sont toutes très nettes et ne permettent pas de confusion avec celles du fer, du nickel, du chrome, du manganèse.

Les raies du soufre, impossibles à reconnaître avec un seul prisme, sont difficiles à retrouver avec deux, sauf dans le vert, où les groupes S α , S β , S γ sont assez bien visibles, surtout en augmentant la surface du condensateur.

La plupart des échantillons offrent aussi les raies du cuivre, mais plutôt faiblement, ce qui, étant donnée l'intensité des trois raies vertes Cu α , Cu β , Cu γ , correspondrait à une faible teneur en cuivre.

La présence de l'antimoine n'a pas été constatée.

Si l'on supprime le condensateur, on a, sur le fond lumineux continu du spectre, les principales raies du

cobalt que nous venons de mentionner, et quelques raies du fer.

Les deux échantillons étudiés venaient l'un de Siegen, Nassau, localité classique, l'autre de Kédabec, province transcaspienne (Russie).

Analyses de la *Cobaltine* de Siegen (Nassau), par Schnabel :

Arsenic	45.31	44.75	42.94
Soufre	19.35	19.10	20.86
Cobalt	33.71	29.77	8.92
Fer	1.63	6.38	28.03
	100.00	100.00	100.75

Cobaltine.

	Co	Fe	As	S	
				631.9	Faible.
				629.0	—
As δ_1		623.0			Bien marquée.
		619.0			Assez bien visible.
	614.3		619.9		Très forte.
As δ_1					Assez forte.
			611.0		—
			607.8		Bien marquée.
			602.3		Assez forte.
			583.8		Bien visible.
		576.2			Faible.
S α } As β			565.1	566.2	Bien visible.
		561.5		564.2	Assez forte.
				560.7	Assez bien visible.
Fe θ		559.2			Bien visible.
		558.6			—
				558.3	Assez bien marquée.
As α_1		557.5			Faible.
			555.9		Assez bien marquée.
As α_2		550.4			Forte.
Co ε	548.3		549.9		Assez bien visible.
		545.9			Forte.
					Assez forte.
					Bien marquée.
S β		544.6		545.2	Bien visible, mais diffuse.
					Bien visible.
				543.2	Bien marquée.
				542.9	Bien visible.
		541.2			Faible.
		540.5			Bien marquée.
		540.3			Faible.
		539.6			Assez bien marquée.
		538.2			—
Fe ε		537.0			Assez forte.
Co ε	535.1				—
S γ } As γ			533.0	534.3	Diffuse, bien visible.
		532.3			Assez forte.
				532.0	Assez bien marquée.
		528.2			Diffuse, bien visible.
Fe ζ } Co β	528.0				Faible.
		526.9			Bien marquée.
					Assez bien marquée.
		526.6			Bien marquée.
		523.5			Faible.
	(523.0)		523.0		Bien marquées, confondues.
		522.6			Assez bien marquée.

	Co	Fe	As	S	
Coδ	521.2			521.8	Assez bien visible.
Feβ	(514.2)?	519.4			Bien marquée.
Asζ		514.2			Faible.
			510.5		Bien marquées, confondues.
				504.5	Assez forte.
				503.2	Assez bien visible.
		501.8			—
		498.8		501.4	—
			498.3		—
Sζ		495.6			Forte.
		492.4		(492.5)	Fines, bien visibles, confond ^{es} .
Feζ		491.9			Forte.
Coγ	486.8	489.0			—
Coζ	484.0	487.1			—
Coι	481.3				—
	479.2				—
		478.7			Bien marquée.
	478.0				Assez forte.
		476.8			Bien marquée.
		476.5			Assez bien marquée.
	456.5	472.8			Bien marquée.
		454.7			—
Coθ	453.0				—
		452.8			—
		449.4			—
		448.2			—
		441.5			Forte.
Feγ		440.4			—
		438.3			—
Feη		432.5			—
		430.7			—
Feλ		427.1			—
		426.0			—
		425.0			—
		420.2			Diffuse.
		415.2			Assez bien marquée.
		407.1			Assez forte.
		406.6			—
		404.5			—
		403.0			Assez bien visible.

TENNANTITE. $4\text{Cu}^2\text{S} \cdot \text{As}_2\text{S}_3$ ou $4\text{Cu}^2\text{S} \cdot (\text{As}, \text{Sb})_2\text{S}_3$.

Échantillon de Cornouailles. (Collection du Muséum, n° 43-56.)

Se montre bon conducteur, et les fumées qui se dégagent pendant l'opération ont une forte odeur alliagée, elles forment sur la pince un dépôt blanc grisâtre. Son spectre est celui d'une *Tétraédrite* très arsenifère, les raies de l'arsenic présentant une intensité assez grande, et celles de l'antimoine étant irrégulièrement visibles, ou même absentes. Les raies du cuivre, du fer, du soufre, sont les mêmes que dans la *Tétraédrite*, celles de l'argent sont absentes, et celles du zinc faibles mais très nettes. Voici celles de l'arsenic :

$\text{As}\delta_1$	616.9	Assez forte.	$\text{As}\alpha_1$	555.8	Assez forte.
$\text{As}\delta_2$	611.0	—	$\text{As}\alpha_2$	549.8	—
	607.8	Bien marquée.	$\text{As}\gamma$	533.0	—
	602.3	—	$\text{As}\epsilon$	523.0	Bien marquée.
$\text{As}\beta$	565.1	Forte.	$\text{As}\eta$	498.3	Assez bien visible.

Les analyses ci-dessous, par Wackernagel, se rapportent à des *Tennantites* de la même région, sinon du même gisement.

Soufre	26.61	26.88
Arsenic	19.03	20.53
Cuivre	51.62	48.68
Fer	1.95	3.09
	99.21	99.18

Sulfoantimoniures.

STIBINE. Sb^2S^3 . (*Massiac, Cantal.*)

Ce minéral, fibreux et peu homogène, est aussi peu conducteur. Il est difficile d'en obtenir un bon spectre. Il est bon d'augmenter la surface du condensateur et d'opérer sur de petits éclats du minéral, en rapprochant beaucoup l'écartement des pinces, presque au contact.

L'étincelle jaillit d'abord entre les pinces en donnant les raies de l'air et du platine, mais ces dernières sont remplacées presque aussitôt par celles du soufre et de l'antimoine, sans qu'on puisse jamais éliminer les raies de l'air. Malgré cela les principales raies de l'antimoine sont très faciles à voir, et bien caractéristiques dans le rouge. Dans le vert elles se détachent nettement à côté des groupes du soufre, bien faciles à reconnaître. Dans le bleu et le violet, on ne voit que les raies de l'antimoine. Malgré son peu de conductibilité, ce minéral est facile à reconnaître par ce procédé, auquel il ne faudrait pas d'ailleurs demander, dans ce cas, la recherche de petites quantités d'éléments accessoires.

Il se dépose sur la pince des fumées blanches d'oxyde d'antimoine.

Stibine.

	λ Sb	λ S	
S ψ	{	631.9	Assez bien visible.
		630.8	Bien visible.
		629.0	—
		624.6	Faible.
Sb { γ δ α	{	615.5	—
		612.9	Forte.
		607.8	—
		600.3	Très forte.
Sb ζ	{	590.9	Forte.
		589.4	—
S α { Sb ε	{	566.2	Bien marquée.
		565.1	—
		563.8	Forte.
		564.2	Bien marquée.
Sb ζ	{	560.7	—
		556.8	Très forte.
S β	{	552.8	Assez bien visible.
		550.8	—
		546.3	Bien marquée.
		545.2	Assez bien visible.
S γ	{	543.4	Bien visible.
		538.0	Bien marquée.
		534.3	Assez bien marquée.
		532.0	—
S δ	{	524.1	Bien visible.
		521.9	Assez bien visible.
		521.2	—
		520.1	—
Sb γ_1	{	517.7	—
		514.1	—
		511.3	Faible.
		504.5	Assez bien visible.
S ε	{	503.1	—
		501.5	Diffuse, assez bien visible.
		499.4	Diffuse, confondue avec aer.
		494.9	—
S ζ	{	492.3	Bien marquée.
		487.8	Difficile à voir.
		478.6	Bien visible.
		471.2	Assez visible.
		469.2	Bien marquée.
		459.1	Assez visible.
		435.2	Bien visible.
		426.4	—
			Assez b'en visible.

SULFOANTIMONIURES DE PLOMB.

		Pb	Sb	S
Zinckénite	PbS, Sb ² S ³	35.9	41.8	22.3
Plagionite	5PbS, 4Sb ² S ³	40.7	37.8	21.5
Jamesonite	2PbS, Sb ² S ³	50.8	29.5	19.7
Boulangérite	3PbS, Sb ² S ³	58.9	22.8	18.3
Ménéghinite	4PbS, Sb ² S ³	64.0	18.6	17.4
Géocronite	5PbS, Sb ² S ³	67.6	15.7	16.7

Les six espèces qui précèdent ont été étudiées successivement avec les spectroscopes à un et à deux prismes, et comme leurs spectres ont été trouvés, à peu de chose près, les mêmes, il a été dressé un seul tableau comprenant les raies visibles dans les sulfoantimoniures en général. La seule différence caractéristique constatée, a été dans l'intensité des raies du plomb entre les termes extrêmes de la série. Le spectre de la *Zinckénite* juxtaposé au moyen d'un prisme à réflexion totale à celui de la *Ménéghinite* puis à celui de la *Géocronite*, a montré une intensité notablement plus forte dans les raies du plomb données par ces deux derniers minéraux, qui d'ailleurs offrent une teneur de ce métal à peu près double de celle que présente la *Zinckénite*. Bien entendu les deux étincelles comparées étaient prises dans le même circuit induit.

Ces minéraux, moins conducteurs que la *Galène* et que certains antimoniures, doivent être essayés en petits fragments. Quelquefois même ils doivent être, au commencement du moins, volatilisés par l'étincelle passant entre les pinces à bout de platine, et dans ce cas il faut tenir compte des raies de ce dernier métal. Mais bientôt le courant passe à travers les particules arrachées ou volatilisées du minéral, les lignes du platine disparaissent, celles de l'air s'atténuent et on a de bons spectres. A ce point de vue purement pratique de la facilité d'examen spectral j'ai

trouvé parfois plus de différences entre deux échantillons de provenances différentes de la même espèce, qu'entre deux termes, même éloignés, de la série.

Tous les sulfoantimoniures, sous l'action de l'étincelle, subissent un grillage, en dégageant d'abondantes fumées qui se déposent sur la pince, sous la forme d'un enduit blanc d'acide antimonieux.

L'étendue du spectre varie plus ou moins dans le rouge et quelquefois les groupes $S\varphi$ et $S\psi$ du soufre ne sont pas visibles mais les raies $Sb\gamma$, $Sb\delta$, $Sb\alpha$ (confondue avec $Pb\epsilon$), $Sb\zeta$ sont toujours nettes et bien caractéristiques.

On a toujours un beau spectre dans le vert, où le voisinage de raies importantes et rapprochées du plomb et de l'antimoine ne permet de reconnaître qu'avec deux prismes les raies des groupes $S\alpha$ et $S\beta$ du soufre.

Le groupe $S\gamma$, formé de deux raies bien nettes, permet seul de constater sûrement la présence du soufre avec le spectroscope à un seul prisme, où ces deux raies sont écartées d'une division environ.

Dans le violet les trois principales raies du plomb $Pb\varphi$, $Pb\psi$, $Pb\alpha$ éteignent de leur éclat les faibles raies que l'antimoine donne dans cette région.

La *Zinckénite*, de Wolfsberg. Hartz, en belles aiguilles brillantes, donne de très abondantes fumées blanches sous l'action de l'étincelle. J'ai obtenu une seule fois des raies de l'arsenic, sans que cette réaction se soit représentée. Il faut éviter de trop rapprocher les fragments, qui, sans cela, deviennent incandescents et donnent un spectre continu.

La *Plagionite*, même provenance (collection du Muséum, n° 53-157), fragments d'un échantillon massif, paraissant peu conducteur, donnent lieu aux mêmes observations.

Jamesonite de Cornouailles, fibreuse aciculaire, avec l'aspect de stibine. Plusieurs fragments donnent passagèrement mais avec une notable intensité les raies du cuivre :

$$\gamma \text{ (578.4), } (\delta 29.2), \alpha_1 \text{ (521.7), } \beta \text{ (515.2), } \alpha_2 \text{ (510.5)}$$

ce que faisait prévoir son association avec la *Bournonite* dans presque tous les gisements. Mêmes observations que pour les précédents.

Boulangerite. Horhausen (Nassau). Donne aussi, par instants, les raies du cuivre. Se montre peu conductrice, malgré sa plus grande teneur en plomb que les minéraux précédents, tout en donnant les mêmes réactions et le même spectre.

Ménéghinite. Bottino (Toscane) (collection du Muséum, n° 63-95). — On a plus facilement qu'avec les minéraux précédents un bon spectre, qui donne les raies du cuivre assez marquées.

Géocronite. Sala (Suède) (collection de l'École des Mines et collection du Muséum, n° 47-44). — Donne sans difficulté un bon spectre. Bien que ce soit le terme de la série le moins riche en antimoine, donne les fumées et le dépôt blanc caractéristiques de ce métalloïde. N'a présenté ni les raies du cuivre ni celles de l'arsenic bien que ce dernier corps soit signalé dans la plupart des analyses. On a, en revanche, bien visible avec un seul prisme, la raie du Thallium $Tl\alpha$ (534.9). Si on supprime le condensateur, l'essai devient incandescent en donnant un spectre continu sur lequel se détache, intense, cette belle raie verte. Cette réaction du Thallium est caractéristique et en rend la recherche facile dans les minéraux.

Sulfoantimoniures de plomb.

	Pb	Sb	S	
S φ	665.6	639.1	641.6	Forte.
			640.2	Difficile à voir.
			638.9	Faible.
			—	—
S ψ	630.2	631.9	Assez bien visible.	
		630.8	—	
		629.0	Bien marquée.	
		624.6	Assez visible.	
Sb γ	604.0	615.5	Forte.	
		612.9	Faible.	
		607.8	Forte.	
		605.1	—	
Ph ϵ . Sb α	600.2	590.9	Assez bien marquée.	
		589.4	—	
		586.5	Très forte, non dédoublée.	
		577.9	Forte.	
Sb ζ	554.6	566.2	—	
		565.1	—	
		564.2	Difficile à voir.	
		563.8	Forte.	
Sb ϵ	537.2	560.7	Très forte.	
		556.7	Forte.	
		552.7	Assez forte.	
		551.3	Faible.	
Sb β_1	546.4	547.3	Bien visible.	
		543.4	Faible.	
		542.9	Assez forte.	
		541.3	Bien marquée.	
Sb β_2	537.2	534.3	—	
		532.0	Forte.	
		521.9	Bien marquée.	
		521.2	—	
Sb β	520.6	520.0	Assez forte.	
		517.6	Forte bande.	
		516.3	Assez bien visible.	
		510.2	Faible.	
Sb η	504.5	504.5	Forte, non dédoublée.	
		503.1	Assez bien visible.	
		502.0	—	
		501.0	—	

	Pb.	Sb.	S.	
Pb ϵ	500.5		501.3	Assez bien visible. Large diffuse, se confond dans α de l'air.
			499.4	Faible.
S ζ		494.9	492.5	Bien visible. Faible.
S γ_1		487.8	481.4	Très faible. Faible.
	480.2 479.6			Bien marquée. —
		471.2 469.2		Bien visible. —
Pb ϕ	438.6			Forte.
Pb ψ	424.6	435.1		Assez forte.
Pb α	406.2			Forte. Assez forte.

BOURNONITE. $3(\text{PbCu}^2)\text{S Sb}^2\text{S}^3$.

Ce minéral paraît être un des moins bons conducteurs parmi les sulfoantimoniures. Il se volatilise cependant dans l'étincelle, surtout si l'on a eu la précaution d'employer de très petits morceaux; on a alors un assez bon spectre, dépourvu des raies du platine, et ne conservant plus d'étrangères à celles du minéral que les principales raies de l'air. Les raies de l'antimoine sont très faciles à voir dans le rouge et moins fortes dans le vert, où celles du plomb sont plus vives. Ce dernier métal se reconnaît facilement à ses trois raies violettes Pb ϕ , Pb ψ , Pb α . Les raies vertes du cuivre sont les plus fortes du spectre tout entier. Le soufre se reconnaît facilement comme dans les autres sulfoantimoniures par les groupes S β et S γ , bien reconnaissables, même avec un seul prisme.

Les fumées blanches d'oxyde d'antimoine formant dépôt sur les pincettes sont abondantes.

Les échantillons étudiés provenaient de Neudorf (Hartz) localité classique et du pic Anayette, vallée de Roumiga, près Sallent, Pyrénées espagnoles.

Voici une analyse de la *Bourmonite* de Neudorf, par Lesinsky.

Soufre	19.90
Antimoine	26.35
Plomb	40.20
Cuivre	12.55
	99.00

Bournonite.

	Pb	Cu	Sb	S	
S ψ	665.6			631.9 630.8	Assez forte. Faible. —
Sb γ			630.2		Assez visible.
Sb δ			612.9		Forte.
Sb α Pb ϵ	600.2	600.3	607.8 600.3		— Fortes, confondues.
Sb ζ			590.9 589.4		Bien marquée. —
Cu γ		578.1		566.2	— —
Sb ϵ			563.8		Assez forte.
Pb γ	560.7				Très forte.
Sb β	554.8		556.7		Assez forte. Forte.
S β } Sb β				551.3	Bien visible.
				547.2	—
			546.4		Assez forte.
				543.4	Bien marquée.
Pb ζ	537.3			542.9	—
S γ				534.3 532.0	Forte. Bien marquée. —
Cu α_1		529.2			—
Pb δ	520.2	521.7			Forte.
Cu β		515.3			Assez forte.
Cu α_2	504.4	510.5			Forte. —
S ϵ				503.1	Assez forte.
Pb ϵ	500.5			501.4	Assez bien visible. —
				499.4	Forte, confondue avec aer α . Assez bien visible.
			494.9		—
S ζ				494.1 492.3	Faible. Assez bien visible.
	480.2				Bien visible. —
			471.2 459.1		— Assez bien visible.
Pb φ	438.6		435.2		Très forte.
Pb ψ	424.6				Bien visible.
Pb α	406.2				Très forte. Assez forte.

FAMATINITE. $3 \text{ Cu}^2\text{S} \cdot \text{Sb}^3\text{S}^5$. *Famatina, République Argentine.*

(Collection du Muséum, n° 87-93.)

Échantillon compact, noir à reflets rougeâtres. Il donne facilement un bon spectre, l'étincelle est verte et produit un abondant dépôt blanc d'oxyde d'antimoine. Par suite de la présence de l'arsenic, substitué dans la formule ci-dessus à une partie de l'antimoine, et constaté d'une manière notable dans toutes les analyses (de 4 à 9 0/0), j'ai cru devoir faire figurer ce métalloïde à côté de l'antimoine dans le tableau qui suit, bien que ses raies ne soient pas très brillantes, quoique bien visibles. On a aussi les raies du fer mais faibles, et, la plupart du temps, les principales lignes du zinc, très nettes :

β (636.3), α (480.9), γ (472.2), δ (467.9).

Ces deux métaux sont en effet signalés dans les dosages : fer 0,82 à 6,43 0/0, zinc 0,59 0/0.

Comme dans tous les minerais de cuivre, les raies vertes de ce corps affaiblissent de leur éclat celles des autres métaux, aussi les principales lignes de l'antimoine sont ici les lignes rouges $\text{Sb } \alpha, \delta, \gamma$.

Le spectre du soufre est aussi bien visible que dans la *Chalcosine*, c'est-à-dire très net.

Famatinite.

	Cu.	Sb.	As.	S.				
S ϕ	638.0	639.1	(638.9)	641.6	Très faible, à peine visible.			
				640.1	Faible.			
				631.9	Faible, confondues, large.			
				630.8	Assez bien visible.			
S ψ		630.2		629.0	Bien visible.			
				—	—			
				—	—			
				—	—			
Cu ε	621.8	624.6			Bien marquée.			
As δ_1				619.9	—			
Sb γ				612.8	Forte.			
As δ_2				611.0	Bien marquée.			
Sb δ		607.8		607.8	Forte.			
				605.2	Faible.			
				602.3	Assez bien visible.			
					Forte.			
Sb α		600.4			Assez bien visible.			
Sb ζ				590.9	—			
				589.4	—			
				583.9	Faible.			
Cu γ	578.1				Forte.			
Cu δ	570.0				Assez forte.			
S α {				566.2	Bien marquée.			
				565.1	A peu près confondues.			
				564.2	Difficile à distinguer de la			
					suivante.			
Sb ε	563.8			Bien marquée.				
			562.2	Faible.				
			560.7	Bien marquée.				
				Assez forte.				
Sb β_1		556.7			Assez bien marquée.			
As α_1				555.9	—			
S β {							551.3	—
							547.2	—
								Assez forte.
							543.4	Bien marquée
S γ {		546.4		534.3	—			
					Plutôt faible.			
				533.0	Bien marquée.			
				532.0	Assez forte.			
As ε	529.2				Plutôt faible.			
Cu α_1	521.7				Intense.			
S δ				520.1	Assez bien visible.			
Sb η					Bien marquée.			
Cu β	515.3	517.6			Intense.			
Cu α_2	510.4				—			
		514.1			Bien marquée.			

	Cu	Sb	As	S	
S ε		504.4		504.5	Bien marquées, confondues.
		503.6		503.1	Bien visible.
				501.4	—
	501.1				—
S ζ		494.9	498.3		Assez bien visible.
			494.1		Faible. (Fer ?)
	491.1			492.5	Assez bien visible
S η			487.8		Faible. (Zinc ?)
	465.1			481.4	Assez bien marquée.
			453.6		Bien marquée.
			442.9		—
	427.5		441.0		Diffuse.
					Assez bien marquée.
					Bien visible.

GUÉJARITE. $\text{Cu}^2\text{S} \cdot 2\text{Sb}^2\text{S}^3$. (Collection de l'École des Mines.)

Ce minéral donne facilement un spectre voisin de celui de la *Famatinite* ($3\text{Cu}^2\text{S} \cdot \text{Sb}^2\text{S}^3$) avec cette différence que les raies de l'arsenic sont absentes, et que celles de l'antimoine sont beaucoup mieux visibles. Elles sont très fortes dans le rouge, et les raies bleues ou violettes de ce métalloïde sont bien nettes ; voici celles qui n'avaient pas été vues dans la *Famatinite* :

469.2	450.6	435.1
462.0	442.8	

L'étincelle est verdâtre, produisant des fumées et un dépôt blanc comme dans le cas de la *Famatinite*. On n'a pas vu de raies de l'arsenic.

L'échantillon provenait du Muley-Nacen, près de Guéjâr, dans la Sierra Nevada, seul gisement connu.

En voici l'analyse par Cumenge.

Soufre	25.0
Antimoine	58.5
Cuivre	15.5
Fer	0.5
Plomb	?
	99.5

BRONGNIARDITE. $2(\text{Ag}^2\text{Pb.})\text{S.Sb}^2\text{S}^3$.

Chili. (Collection du Muséum, n° 53-163.)

Ce minéral peut être envisagé comme une *Jamesonite* dans laquelle deux atomes d'argent seraient substitués à un atome de plomb. Plus conductrice que les sulfoantimoniures de plomb simples, la *Brongniardite* donne facilement un très bon spectre, en produisant une étincelle verte, des fumées blanches et un dépôt d'oxyde d'antimoine sur les pincettes. Les raies rouges de l'antimoine et du soufre sont plus visibles que dans les autres sulfoantimoniures ; le reste du spectre est le même, abstraction faite des raies de l'argent, c'est pourquoi nous ne donnons pas de tableau de toutes les raies.

Voici celles de l'argent, toutes facilement visibles :

	Ag			Ag	
γ α	555.2	Bien marquée.		540.2	Assez forte, large.
	547.0	Forte.		529.9	Bien marquée.
	546.4	Très forte.	β	521.0	Très forte.

POLYBASITE. $9(\text{AgCu}^2)\text{S} \cdot (\text{SbAs})^2\text{S}^3$.

Échantillon de Saxe (Feiberg?). (Collection du Muséum (n° 52-491).

Ce minéral peut être considéré comme un sulfoantimoniure d'argent $9\text{AgS Sb}^2\text{S}^3$, dans lequel une partie de l'argent serait remplacée par du cuivre et une partie de l'antimoine par de l'arsenic. Mais comme cette substitution existe effectivement dans tous les échantillons, et dans une proportion assez forte, j'ai fait figurer le cuivre et l'arsenic dans le tableau des raies de la *Polybasite*. Ce minéral se montre assez conducteur pour donner facilement, avec une étincelle verte, un beau spectre. Après l'opération on constate le dépôt, sur les pincettes, d'un sublimé rouge brun, d'oxysulfure d'antimoine, qui se forme en même temps que les vapeurs blanches d'oxyde antimonieux, mais le dépôt rouge est prédominant. En examinant à la loupe les morceaux soumis à l'essai on voit des filaments d'argent brillants et tordus, qui semblent s'échapper des parties de *Polybasite* non transformées, avec l'aspect de l'argent natif rencontré souvent sur l'*Argyrose*.

Le spectre de la *Polybasite* est surtout caractérisé par la grande intensité des principales raies de l'argent, et par la présence des raies secondaires, souvent assez vives, de ce métal. Les raies de l'arsenic et de l'antimoine, assez fortes dans le rouge, sont peu visibles dans le vert et à peu près invisibles dans le bleu; au contraire celles du cuivre sont assez vives dans ces parties du spectre. Les groupes du soufre $\text{S}\phi$ et $\text{S}\psi$ sont faciles à voir dans le rouge. Dans le vert, $\text{S}\alpha$ disparaît, confondu au milieu des raies secondaires de l'argent, de celles de l'antimoine et de l'arsenic, mais

S β et S γ sont faciles à reconnaître et bien marquées; S ϵ l'est aussi, mais dans une moindre mesure.

Je n'ai pas fait figurer les raies du fer qui sont peu intenses dans le vert, et sont surtout visibles dans le violet.

Sans condensateur on voit seulement les principales raies de l'argent et du cuivre, et difficilement quelques-unes du fer.

I. — Analyse de la *Polybasite* de Freiberg, par H. Rose.
 II. — — — — — de Chemnitz, —

	<u>I</u>	<u>II</u>
Soufre	16,35	16,83
Antimoine	8,39	0,25
Arsenic	1,17	6,23
Argent	69,99	72,43
Cuivre	4,11	3,04
Zinc		0,59
	100,30	99,70

J'ajouterai que dans l'échantillon étudié ici, les raies de l'arsenic et de l'antimoine offraient à peu près la même intensité et que celles du zinc n'ont pas apparu.

Polybasite.

	Ag	Cu	Sb	As	S	
S φ					641.6	Faible.
					640.1	Assez bien visible.
					638.9	—
					631.9	Bien visible.
S ψ			630.2		630.8	—
					629.0	—
As δ_1				616.9		Assez forte.
Sb γ			612.9			—
As δ_2				611.0		—
Sb δ			607.8			Bien marquée.
Sb α	597.3		600.4			Assez forte.
						Bien visible.
Sb ζ			590.9			Bien marquée.
	585.4		589.4			—
Cu γ		578.1				—
Cu δ		570.0				—
S α					566.2	Assez bien visible.
As β	565.6					—
	564.5			565.1		Bien marquée.
Sb ε			563.8			Assez bien visible.
	562.6					Bien marquée.
	561.1					Assez bien visible.
	559.0					Faible.
Sb β_1			556.8			Bien visible.
As α_1				555.8		Assez bien visible.
	555.2					Faible.
	552.2					—
					551.3	—
As α_2				549.8		—
Ag γ	547.0					Forte.
Ag α	546.4					Intense.
					545.2	Assez facilement visible.
S ξ					543.4	Assez bien marquée.
					542.9	—
	542.3					Assez bien visible.
	540.2					Assez forte, large.
S γ { As γ					534.3	Assez bien marquée.
				533.1		Assez bien visible.
	529.9				532.0	Assez bien marquée.
		592.2				Assez bien visible.
Cu α_1		521.7				Assez bien marquée.
Ag α	521.0					Assez forte.
Cu β		515.3				Intense.
						Assez forte.

	Ag	Cu	Sb	As	S	
Cu α		510.5	(504.4)		504.5 503.1	— Assez bien visible. Bien marquée.
S ε		501.1			(501.3) 499.4	A peu près confondues. Assez bien marquée.
S ζ		495.5			492.4	Faible. Assez bien visible.
S τ_1	487.4				481.4	Assez forte. Assez bien visible.
	466.7	465.0				Forte. Bien visible.
	447.5	427.5				Forte. Assez bien visible.
	421.2	(¹)				Très forte, diffuse.
	405.3	(²)				Assez forte.

BERTHIÉRITE FeS. Sb²S³, de Chazelle (Auvergne).

(Collection du Muséum, n° 48-21.)

Les diverses analyses de ce minéral indiquent des proportions variables entre FeS et Sb²S³. Elles se rapprochent de l'une des formules :

FeS. Sb²S³ (Anglarite).

3FeS. 2Sb²S³ (Chazellite).

3FeS. 4Sb²S³ (Martownite).

Les noms de ces variétés ont été donnés par Nordenskiöld, d'après celui de leur gisement.

Voici l'analyse de la *Berthiér*ite de Chazelle (Chazellite), par Berthier :

(1) Signalée seulement par Normann Lockyer.

(2) Signalée seulement par Lieveing et Dewar.

S	30.3
Sb	52.0
Fe	16.0
Zn	0.3

Ce minéral est suffisamment conducteur pour donner un bon spectre, mais celui-ci *n'est pas constant*; il donne tantôt les raies du soufre et de l'antimoine très fortes, comme la *Stibine*, mais beaucoup plus facilement, tantôt les raies du fer très vives, avec intermittences de raies du zinc et du cuivre. L'expérience est très nette, et l'on se croirait en présence d'un mélange intime de *Pyrite* et de *Stibine* ferrière. Quand on a le spectre de l'antimoine et du soufre, on voit à peine quelques raies du fer, tandis qu'au contraire lorsque ce dernier métal prédomine dans le spectre, les deux métalloïdes disparaissent, l'antimoine surtout. Ce mode de réaction spectrale est absolument différent de celui que présentent les espèces minérales bien définies où j'ai toujours constaté que, quel que soit le nombre des éléments constitutants, leurs raies caractéristiques apparaissent simultanément.

Les éléments accessoires, probablement mécaniquement interposés, comme ici le zinc et le cuivre, se montrent seuls d'une manière discontinue. Avec une goutte d'acide chlorhydrique sur l'essai, les raies du fer augmentent en nombre et en éclat, mais encore avec des alternatives d'accroissement et de diminution.

Si l'on supprime le condensateur, sur le fond du spectre devenu lumineux par l'incandescence de l'essai, on voit se détacher, brillantes, quelques raies du fer variables, celles du zinc et quelquefois celles du cuivre.

Pendant l'expérience, il se forme un abondant dépôt blanc d'oxyde d'antimoine, volatilisé en fumées et condensé sur les pincettes.

Berthiërite.

	Fe	Sb	S	
S ψ			631.9	Faible.
			630.8	—
			629.0	Confondue avec la suivante.
Sb γ Sb δ			628.3	Bien visible.
			624.6	Assez forte.
			612.9	Forte.
			607.8	—
			605.1	Assez bien visible.
Sb α	602.4			Plutôt faible.
	601.9			—
				Très forte.
S ζ			598.1	Diffuse.
			590.9	—
			589.4	—
Sb ε			565.9	Assez bien marquée.
			564.6	—
			563.8	Assez forte.
Fe η Sb β_1	558.6		561.6	Assez bien marquée.
			560.6	—
			556.7	—
S β { Sb β_2	549.6		551.2	Forte.
			551.2	Bien marquée.
			547.2	Faible.
			546.4	—
			545.2	Bien visible.
			543.4	—
			542.9	—
Fe ε	539.0	538.0		Assez bien visible.
	537.0			Bien visible.
	532.5			—
	529.8			Bien marquée.
	526.6			—
	523.3			—
	522.6			—
S δ			521.2	—
			520.4	—
			519.1	—
Sb γ_1	519.1	517.6		Assez bien visible.
	516.6			Bien marquée.
	513.8			—
	506.4			—
	502.6			Assez forte, non dédoublée.
	495.6	504.5	504.5	Bien marquée.
	494.8			—
	494.1			Faible.

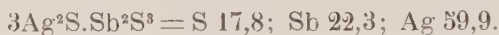
	Fe	Sb	S	
	491.9			Bien marquée.
	489.0			—
		487.8		—
	487.0			Assez bien visible.
	485.4			—
	480.2			—
	454.9			—
	452.8			Assez forte.
	448.2			—
	444.6			—
	440.4			—
Fe γ	438.3			—
	435.3			Faible.
		435.1		Bien visible,
Fe ζ	432.5			Assez forte.
	427.1			—
Fe λ	426.0			—
	425.0			—
	422.7			—

PYRRARGYRITE (ou *Argyrythrose*). $3\text{Ag}^2\text{S} \cdot \text{Sb}^2\text{S}^3$.

Échantillon de Bohême (Pribrâm?).

Moins conductrice que l'*Argyrose* ou la *Dyscrase*, donne cependant un spectre facilement observable. Pendant l'opération, des fumées blanches se dégagent et se déposent sur les pincettes, mélangées à un sublimé rougeâtre d'oxy-sulfure d'antimoine. Les raies de l'argent et celles de l'antimoine sont prédominantes. Celles du soufre, assez bien visibles dans le rouge, sont surtout caractérisées dans les groupes verts $\text{S}\beta$, $\text{S}\gamma$, $\text{S}\epsilon$, les groupes $\text{S}\alpha$ et $\text{S}\delta$ étant éclipsés ou confondus par les raies de l'argent et de l'antimoine. On voit par intermittence les raies du cuivre assez vives $\text{Cu}\gamma$, δ , α , β , ϵ_2 , et faiblement quelques-unes des raies vertes de l'arsenic $\text{As}\beta$, α , α_2 , γ , ϵ .

Un autre échantillon, de même provenance, a donné, outre les raies précédentes, celles du plomb, mais faiblement; un troisième, celles du zinc, bien nettes, mais intermittentes.



PSATUROSE. $5\text{Ag}^2\text{S}.\text{Sb}^2\text{S}^3$ (ou *Stéphanite*). *Freiberg*.

Paraît plus conductrice que la *Pyrargyrite*, en donnant le même spectre plus étendu dans le violet, car les dernières raies de l'argent sont bien visibles. L'étincelle est verte et dégage des fumées blanches qui se déposent, ainsi qu'un sublimé rougeâtre. Après l'opération, on constate la fusion des deux éclats entre lesquels se produisait l'étincelle.

Analyse de la *Psaturose* de *Freiberg*, par *Frenzel*.

Soufre	16.49
Antimoine	15.76
Argent	68.64
	100.89

Pyrargyrite et Psaturose.

	Ag	Sb	S	
	665.6			Assz bien visible.
S ψ		632.0		— —
			630.8	— —
		630.2		— —
			629.0	— —
		628.3		Faible.
		624.5		—
		620.9		Très faible.
		615.5		Faible.
Sb γ		612.9		Très forte.
Sb δ		607.8		—
		605.1		Assez bien marquée.
Sb α		600.4		Très forte.
Sb ζ		590.9		Assez forte.
		589.4		—
			566.2	Bien visible.
	565.6			Bien marquée.
	564.5			—
Sb ε		563.8		Assez forte.
	562.2			Assez bien marquée.
	561.0			—
Sb β	556.8	556.8		Assez forte, non dédoublée.
Ag γ	547.0			—
Ag α	546.4			Intense.
S β_2			545.2	Bien marquée.
			543.4	—
			542.9	—
	540.2			Faible.
		538.0		Assez bien marquée.
S γ			534.3	— —
			532.0	— —
	529.9			Assez forte.
Ag β	520.7			Intense.
Sb η		517.7		Faible.
			514.2	—
		(504.4)	504.5	Bien marquées, confondues.
			503.1	Bien visible.
S ε			501.4	—
			499.4	—
		494.9		Assez bien visible.
S ζ			492.5	— —
S η			481.4	— —
	466.7			Bien marquée.
	447.5			—
	421.2			Assez forte, diffuse.
	(1)			

(1) Normann Lockyer seul.

TÉTRAÉDRITE (ou *Panabase*, cuivre gris).



Plusieurs échantillons de provenances différentes, tout en donnant le même spectre, ont présenté des conductibilités variables. Les plus résistants rougissent facilement et cessent alors de donner les raies du soufre et de l'antimoine, comme si l'on interrompait le condensateur. Dans les conditions normales, les *Panabases* donnent assez facilement une étincelle verdâtre, en dégageant d'abondantes fumées blanches qui se condensent sur la pince, comme le font les autres sulfo-antimoniures. Le spectre ainsi produit ne peut être mieux défini que comme celui d'une *Chalcopyrite* antimonifère. Sur un fond de lignes fines du fer et du soufre, se détachent vivement les raies du cuivre dans le vert et de l'antimoine dans le rouge. Les raies du zinc sont assez fortes sans être éclatantes. Les trois raies de l'argent varient beaucoup en intensité suivant les échantillons examinés, mais sont toujours assez bien visibles, surtout $\text{Ag}\alpha$ et $\text{Ag}\beta$. Je les ai fait figurer dans le tableau ainsi que celles du fer et du zinc parce qu'ils paraissent toujours dans le spectre de cette espèce, qui les contient en quantité appréciable dans toutes les analyses.

La *Tétraédrite* de Banca, près Baïgorry (Basses-Pyrénées, rougit facilement au bout de quelques instants d'expérience. En augmentant la surface du condensateur et la portant, de une à deux, et même trois jarres, on évite cet inconvénient et l'on rend bien visibles les raies du soufre

(1) Formule donnée par Tschermak, et dans laquelle une partie du zinc serait en général remplacée par du fer.

et de l'antimoine. Les raies de l'argent sont très nettes et se détachent, comme celles des autres métaux, sur le fond lumineux du spectre, lorsqu'on supprime le condensateur.

Par instants, on voit les principales lignes de l'arsenic, mais peu vives ⁽¹⁾.

La *Tétraédrite* de Mouzaïa (Algérie), (collection du Muséum, n° 47.71) conduit bien le courant; les raies de l'argent sont moins visibles que dans celle de Baïgorry. Les raies du zinc sont vives et celles de l'arsenic n'ont pas été vues.

La *Tétraédrite* du Hartz s'est montrée bonne conductrice, en donnant un spectre conforme au tableau.

Analyse de la tétraédrite :

	De Clausthal (Hartz.) par H. Rose.
Soufre	24.73
Antimoine	28.24
Cuivre	34.18
Fer	2.27
Zinc	5.55
Argent	4.27
	99.24

(1) Quelques morceaux de Baïgorry ont donné nettement les raies du plomb Pb φ , Pb ψ , Pb α .

	Cu	Fe	Zn	Ag	Sb	S	
Cu α_1	521.7	525.0					Bien marquée. Intense.
Ag β				521.0			Bien visible.
S δ						520.1	—
Cu β_1	515.2	514.2					Intense.
Cu α_2	510.5	507.4					Intense. Bien visible.
					504.4	504.5	Bien visibles, assez larges, confondues.
						503.1	Bien visible.
S ε	501.1						—
		498.4				499.4	Assez bien visible.
	495.5	492.1					Bien marquée. Assez bien visible.
S ζ	493.2						—
	491.2	491.8				492.5	—
		486.4					—
Zn α			481.0				Forte.
		479.0					Bien visible.
Zn γ			472.2				Forte.
Zn δ	470.3		468.0				Bien marquée.
	465.1						Forte ou b. marquée.
		458.4					Forte.
		453.8					Assez forte.
		452.8					Bien marquée.
		448.2					—
		441.5					—
Fe γ		440.4					Assez forte.
		438.3					—
		437.6					—
Fe η		432.5					—
		430.7					—
		429.4					Faible.
	427.5						Assez forte.
Fe λ		427.1					Bien marquée.
		426.0					—
		425.1					Bien visible.
		422.7					Faible.
		420.2					—
		414.3					—
		407.1					Bien visible.
		406.5					—
		404.5					—
		402.4					Faible.
		396.7					A peine visible.

FREIBERGITE. $4\text{CuSbS}^2. 3\text{Ag}^2\text{S}. 2\text{FeS}$ ⁽¹⁾.

Échantillon du Pérou. (Collection du Muséum, n° 82-47).

Se comporte comme une *Tétraédrite* ordinaire, avec cette différence que les raies de l'argent sont très vives, malgré le voisinage et l'intensité de celles du cuivre. Voici les principales :

603.6 assez bien visible.

562.3 diffuse, se confond avec celles du soufre.

555.2 assez bien visible.

Ag γ 547.0 très forte, nette.

Ag α 546.4 intense.

540.2 assez bien visible.

Ag β 521.0 forte, malgré le voisinage de Cu α_1 (521.7).

Comme dans plusieurs Panabases, les raies de l'arsenic présent sont irrégulièrement visibles dans le rouge. Les principales raies du zinc sont très nettes : Zn β , Zn α , Zn γ , Zn δ .

Sans condensateur, les raies Ag γ , Ag α , Ag β de l'argent, les raies du cuivre, du zinc, et quelques-unes du fer se détachent sur le fond éclairé du spectre.

(1) Formule donnée par Tschermak, et correspondant à :

Cuivre	13.2
Argent	33.8
Fer	5.8
Antimoine	25.5
Soufre	21.7

ULMANNITE NiS^2 , NiSb^2 .

(Collection de l'École des Mines.)

Paraît aussi bonne conductrice que la *Millérite* et bien supérieure, sous ce rapport, aux autres sulfoantimoniures, surtout à ceux de plomb. Donne, comme eux, des fumées et un sublimé blanc sur les pincés. Son spectre est très net et les raies rarement diffuses. Celles de l'antimoine sont fortes, surtout dans le rouge, celles du nickel très vives donnent un spectre complet de ce métal. Bien que l'*Ulmannite*, de Sarrabus (Sardaigne), qui a servi à dresser le tableau ci-contre, contienne une très faible quantité de cobalt, les raies de ce métal sont assez facilement visibles. J'ai tenu à les faire figurer dans le tableau, comme exemple de la facilité que présente la recherche d'une faible quantité de cobalt, en présence du nickel. Les raies du fer n'ont pas été constatées, même dans le violet, où elles sont rarement absentes dans la plupart des minéraux. Les groupes du soufre sont bien représentés par des lignes très nettes dans le rouge, et le vert surtout. Aucune raie de l'arsenic n'a été vue.

Analyse de l'*Ulmannite*, de Sarrabus, par Jannasch :

Antimoine	55.73
Arsenic	0.75
Soufre	14.64
Nickel	28.17
Cobalt	traces
Fer	0.17
Résidu insoluble	0.11
	99.57

Ulmannite.

	Ni	Co	Sb	S	
S ψ }	617.6			631.9	Bien visible.
				630.8	—
			630.2		Bien marquée.
			624.6	629.0	Bien visible.
					Bien marquée.
Sb γ Sb δ			615.5		Assez forte.
			612.9		Bien marquée.
			607.8		Forte.
Sb α Sb ζ }			605.1		—
			600.4		Assez forte.
			590.9		Très forte.
S α } Sb ε	585.7		589.4		Assez forte.
	575.4				—
				566.2	Bien marquée.
				565.1	Assez bien marquée.
				564.2	Bien marquée.
Sb β_1 Ni α	547.6		563.8		—
				562.2	Assez bien visible malgré la suivante.
				560.7	Assez forte.
S β } Sb β_2	558.7			562.2	Assez bien marquée.
				560.7	Bien marquée.
				558.3	Assez bien marquée.
					—
					Forte.
S γ }			556.8		Bien marqué.
				551.3	Très forte.
				547.2	Assez bien visible.
				545.2	Large, assez forte.
				543.4	Bien marquée.
S δ } Co δ				542.9	—
					—
			538.0		—
			536.8		Assez bien visible.
			535.9		—
Sb η	517.7 516.8				—
				534.5	Bien marquée.
				532.0	—
					Faible, diffuse.
					Assez bien visible.
Sb η					Faible.
					—
					—
Sb η				521.8	Assez bien visible.
				521.2	Assez bien visib., confondues.
				520.1	Bien visible.
Sb η			517.6		Diffuses et confondues.
					Bien visible.

	Ni	Co	Sb	S	
	515.5				Bien visible.
	514.6				Bien marquée.
	514.2				—
	513.7				Assez bien marquée.
Ni 0	511.5				Bien marquée.
Ni } γ_1	509.9				—
Ni 3	508.0				Forte.
	503.5				Bien marquée.
	501.7				—
S ε				501.4	Bien visible.
				499.4	—
	498.3				Assez forte.
	498.0				—
		495.3			Assez bien visible.
			494.9		—
S ζ	493.5				—
				492.5	Bien visible.
	491.8				—
	490.4				—
			487.8		—
	487.3				Bien marquée.
	486.5				—
	485.5				—
		483.9			Assez bien visible.
	483.0				Assez bien marquée.
	482.8				—
	478.6				Bien marquée.
	475.5				Assez bien marquée.
		473.6			—
Ni γ	471.4				Très forte.
		472.1			Assez bien marquée.
	464.7				Assez bien visible.
		469.2			—
	465.0				Bien marquée.
	459.2		(459.1)		Bien marquées, confondues.
	446.8				—
	446.0				Assez bien marquée.
			445.6		—
Ni ζ	440.2				Forte.

PLUMBOSTANNITE. (*Arangaro*).

(Collection du Muséum, n° 79-99.)

Cette espèce minérale, mal définie, a été trouvée à Arangaro (Chili). Elle est friable et ne paraît pas homogène; aussi conduit-elle mal le courant et rougit-elle comme la *Stannine* dont son spectre la rapproche. Elle dégage des fumées et laisse un dépôt grisâtre sur les pincés. Les raies rouges de l'antimoine $Sb\gamma$, $Sb\delta$, $Sb\alpha$ ont apparu nettement avec leurs voisines (663.6) du plomb, (643.2) de l'étain, et $Zn\beta$ (636.3) du zinc. On a pu aussi entrevoir $S\psi$ du soufre. Dans le vert (579.8), et (563.0), de l'étain ont paru bien marquées, et le groupe $S\alpha$ du soufre bien visible. Dans le bleu et le violet, $Sn\alpha$ (432.4) pour l'étain, et pour le plomb $Pb\phi$ (438.6), $Pb\psi$ (424.6), $Pb\alpha$ (406.3) sont fortes. Le reste du spectre est celui d'une *Chalcopyrite*, avec les raies du fer assez bien visibles, du cuivre très vives, et du zinc intermittentes. Dès que l'essai rougit, ou qu'on supprime le condensateur, la raie verte du thallium $Tl\alpha$ (534.9) apparaît très forte. Cette ligne a été comparée, au moyen du prisme à réflexion totale, au spectre de l'étain, et on l'a facilement différenciée de la raie Sn (534.7) qui, d'ailleurs, n'apparaît pas dans ces conditions (condensateur supprimé).

Analyse de la *Plumbostannite* d'Huancané (Pérou), par Raimondi :

Soufre	25.44
Antimoine	16.98
Étain	16.30
Plomb	30.66
Fer	10.18
Zn	0.74
	100.00

Sélénieuses.

CLAUSTHALITE. PbSe . *Cacheuta*. (Collection du Muséum.)

Echantillon cristallin, absolument semblable à une galène et qui donne facilement un beau spectre et une étincelle blanche; il se forme sur la pince le dépôt rouge brique caractéristique du sélénium et une auréole blanche dans le voisinage immédiat de l'essai. On a le spectre du plomb comme avec la *Galène*, avec cette différence, qu'au lieu des groupes du soufre, on a de fortes raies du sélénium faciles à mesurer et se présentant comme des raies métalliques. Les quatre raies voisines $\text{Se}\alpha$, $\text{Se}\beta_1$, $\text{Se}\beta_2$, $\text{Se}\gamma$, d'un beau vert, sont caractéristiques. $\text{Se}\delta$ et $\text{Se}\epsilon$ sont aussi faciles à reconnaître, ainsi que le groupe $\text{Se}\zeta$. Les autres raies ont un caractère « analytique » moins prononcé, surtout celles du rouge, difficiles à voir à côté de celles du plomb, et celles du violet peu intenses.

Ce minéral m'a donné les trois principales raies de l'argent, fortes et se présentant comme dans les alliages étudiés par M. N. Lockyer, lorsque ceux-ci contenaient plus de 1 0/0 d'argent.

$\text{Ag}\gamma$ (547.0), $\text{Ag}\alpha$ (546.4), $\text{Ag}\beta$ (520.9).

La formule correspond à :

Sélénium 27.7. Plomb 72.3.

Clausthalite.

	λ_{Pb}	γ_{Se}	
Pb ε	678.5	605.5	Faible.
	665.6		Intense.
	604.9		Assez bien visible.
	604.0		Bien marquée.
	600.9		Assez forte.
	600.2		Assez bien visible.
	587.4		Forte.
	586.4		Faible.
			—
			Assez bien marquée.
Pb γ		574.7	—
		571.1	Assez visible, mais faible.
		569.7	Faible.
	560.7	562.3	Intense.
		559.3	Difficile à voir.
		556.9	Faible.
Pb ζ	554.7	552.5	Assez forte, diffuse.
	552.4		Faibles, confondues.
	537.4		Très forte.
Se α		530.4	Forte.
Se β		527.0	—
Se γ		525.2	—
		522.6	—
Pb δ	520.2	521.9	Assez bien marquée.
Se δ			Assez forte.
Se ε		517.6	Forte.
		515.3	Assez bien marquée.
		514.2	Forte.
Se ζ		510.6	Assez bien marquée.
		509.8	Assez forte.
		509.4	Assez bien marquée.
		506.9	Assez forte.
	504.5		Assez forte, large.
		502.6	Assez bien marquée.
Se μ	500.4		Forte, confondue avec la raie de l'air.
		499.2	Assez bien visible.
		497.4	—
Se θ		484.5	Assez forte.
Se μ		484.0	—
		476.4	Faible.
Se π		460.4	Très faible.
Pb φ	438.6	456.4	Bien marquée.
Pb ψ	424.6		Intense.
Pb α	406.3		—
			Forte.

ŽORGITE. $(\text{PbCu}^2) \text{Se}$.

Deux minéraux de provenance différente ont été essayés; le premier provenant de la collection de l'École des Mines et intitulé *Berzéliine* (Cu^2Se) a donné les raies du plomb fortement marquées, même les raies secondaires. Comparé à un échantillon de *Zorgite* (Cordillère des Andes), probablement de Cacheuta, les deux spectres ont été trouvés les mêmes, avec une petite différence entre les intensités respectives des raies du plomb et du cuivre.

Cette espèce minérale, lorsqu'elle est débarrassée de sa gangue, et des croûtes de *Malachite*, formées à sa surface, conduit bien l'électricité; son étincelle verte donne un beau spectre, où les raies du Sélénium, bien que moins intenses que dans la *Clausthalite*, sont cependant fortes et très faciles à reconnaître, dans le vert surtout, malgré le voisinage des raies intenses du cuivre et des fortes raies du plomb.

Les échantillons que j'ai eus entre les mains donnaient les trois raies de l'argent $\text{Ag}\gamma$, $\text{Ag}\alpha$, $\text{Ag}\beta$ assez bien visibles.

Les analyses donnent des résultats très variables suivant les échantillons : par exemple, pour le sélénium, la teneur varie entre 39 et 48 0/0. Je ne les donne pas ici ne connaissant pas la provenance certaine des échantillons essayés.

Zorgite.

	λ_{Cu}	λ_{Pb}	λ_{Se}	
$\text{Cu}\epsilon$	621.8		605.5	Forte. Assez bien visible. Bien marquée.
		605.0 604.1 600.2		—
$\text{Pb}\epsilon$			586.3	Diffuse. Faible.
$\text{Cu}\gamma$	578.1			Très forte.
			574.7	Faible.
			571.0	Assez bien visible.
$\text{Cu}\delta$	570.0			Forte.
			562.3	Fine.
$\text{Pb}\gamma$		560.7		Forte.
			559.3	Bien marquée.
			556.9	—
		554.7		Faible.
		552.4	552.4	Bien marquées, confondues.
			539.1	Assez forte.
$\text{Pb}\zeta$		537.4		—
$\text{Se}\alpha$			530.4	Forte.
	529.2			—
$\text{Se}\beta$			527.0	—
$\text{Se}\gamma$			525.2	—
$\text{Cu}\alpha_1$			522.6	—
$\text{Pb}\delta$	521.7	520.1		Intense.
$\text{Se}\delta$			517.6	Assez forte.
$\text{Cu}\beta$	515.2			Forte.
$\text{Se}\epsilon$			514.2	Intense.
$\text{Cu}\alpha_2$	510.5			Assez forte.
				Intense.
$\text{Se}\zeta$			509.8	Bien marquée.
			509.4	Assez bien visible.
			506.9	Bien marquée.
		504.4		Faible.
	501.1			Bien marquée.
$\text{Se}\eta_1$			499.2	—
			497.4	—
	495.5			Assez bien marquée.
	493.3			—
	491.2			Diffuse.
$\text{Se}\theta$			484.5	Assez forte.
			484.0	—
$\text{Se}\mu$		479.5		Diffuse.
			476.5	Faible.
	470.3			Assez bien visible.
	465.1			Forte.
$\text{Se}\pi$			460.4	Bien marquée.

	λ_{Cu}	λ_{Pb}	λ_{Se}	
			456.3	Assez forte.
		440.1		Faible.
Pb ϕ		438.6		Forte.
			432.1	Bien marquée.
	427.5			Forte.
Pb ψ		424.6		—
			421.6	Diffuse.
Pb α		405.8		Forte.

EUCAÏRITE. Cu^2Se , Ag^2Se .

Echantillon d'Atacama. (Collection du Muséum, n° 64-281).

Donne un bon spectre, mais dont la partie rouge est à peine visible. Les raies secondaires de l'argent y sont facilement reconnaissables. Celles du sélénium, assez fortes, sont quelquefois atténuées par le voisinage des raies du cuivre et de l'argent. On a en outre quelques raies du calcium dans le rouge et le bleu. Enfin les raies suivantes, toutes assez faibles, ne me paraissent pouvoir être attribuées qu'au vanadium, dont la présence n'a d'ailleurs jamais été signalée dans l'*Eucaïrite*.

(611.9), (524.0), (523.3), (519.1), (458.5)

Eucairite.

	λ_{Cu}	λ_{Ag}	λ_{Se}	
Cu γ	578.1		605.5	Faible.
	570.0			Forte.
		564.5		Bien marquée.
		562.3	562.4	Bien visible.
		561.0		Bien visible, double.
			559.3	—
		559.1		Assez bien visible.
		556.8	556.9	—
		555.2		Faibles, confondues.
			552.3	Assez bien visible.
Ag γ Ag α		552.2		Faible } presque confondues.
		547.1		Faible }
		546.1		Forte.
		552.4		Intense.
		540.2		Faible.
			539.1	Large, diffuse.
Se α			530.4	Faible.
	529.2			Assez forte.
Se β			527.0	—
			525.2	—
			523.3	—
			522.6	A peine visible.
Se γ				Assez forte.
Cu α_1	521.7			Intense.
Ag β		520.2		—
Se δ			517.6	Bien marquée.
Cu β	515.3			Intense.
Se ϵ			514.2	Bien marquée.
Cu α_2	510.5			Intense.
Se ζ			509.8	Assez bien marquée.
			509.4	Assez visible.
			508.0	Assez bien marquée.
			502.6	Faible.
	501.2			—
Se η			499.2	—
			497.4	—
	495.6			—
	493.3			—
	491.2			—
		487.4		Très faible.
Se θ			484.5	Assez bien marquée.
Se μ			484.0	—
			476.5	—
	470.3			—
S : π	465.0			Très faible.
			460.4	Assez bien marquée.
			456.3	—
		447.5		Faible.
	427.5			—
				Assez bien marquée.

BERZÉLIANITE OU BERZÉLINE. Cu^2Se .
(Collection de l'École des Mines.)

Donne assez facilement un spectre où les raies du cuivre, malgré leur grand éclat, n'éteignent pas les raies du sélénium qui leur sont voisines. Tous les échantillons présentant à l'analyse et au spectroscope les réactions de l'argent, j'ai placé dans le tableau les raies de ce métal. L'étincelle est verte, et, après son passage, on observe un faible dépôt rougeâtre sur les pincés.

La *Berzelianite* de Lehrbach (collection de l'Ecole des Mines) donne bien faiblement les raies du plomb, et nettement la raie verte du thallium $\text{Tl}\alpha$ (534.95), par suppression du condensateur, on voit en même temps apparaître, très vives, sur le fond éclairé du spectre, les trois raies capitales du magnésium, groupe α de M. Lecoq de Boisbaudran : (518.4) (517.3) (516.7).

Celle de Cacheuta, République Argentine (collection de l'École des Mines), contient une quantité si notable de plomb que son spectre est celui de la *Zorgite*. Comme celle de Lehrbach, elle donne les trois principales raies de l'argent et la raie du thallium $\text{Tl}\alpha$, mais moins vivement,

Analyse de la *Berzelianite* de Skrikerum, par Nordenskiöld :

Sélénium	39.85	38.74
Cuivre	53.14	52.15
Argent	4.73	8.50
Fer	0.54	0.35
Thallium	0.38	traces
	98.64	99.74

Le spectre de la *Berzeline* figure sur la planche qu'on trouvera à la fin du mémoire. Il ne contient que les raies dont l'intensité est égale ou supérieure à l'évaluation « Bien marquée ».

Berzélianite ou Berzéline.

	Cu	Ag	Se	
			605.5	Assez bien marquée.
Cuε	621.8			Très faible.
Cuγ	578.1			Forte.
Cuδ	570.0			—
			562.3	Bien marquée.
			559.3	—
			556.9	Faible.
			552.4	—
Agγ		547.0		Bien visible.
Agα		546.4		Assez forte.
			539.1	Bien visible.
			537.4	Bien marquée.
Seα			530.4	Assez forte.
		529.2		Forte.
Seβ			527.0	Très bien marquée.
Seγ			525.2	—
Cuα ₁	521.7		522.6	—
Agβ		521.0		Intense.
Seδ			517.6	Bien marquée.
Cuβ	515.3			—
Seε			514.2	Intense.
Cuα ₂	510.5			Bien marquée.
Seζ			509.8	Intense.
			506.9	Bien marquée.
			502.6	Assez bien marquée.
	501.1			Bien marquée.
Seη ₁			499.2	Assez bien visible.
			497.4	Bien marquée.
	493.3			—
	491.2			Faible.
Seθ			484.5	—
			484.0	Bien marquée.
Seμ			476.5	—
	470.3			Faible.
	465.1			Bien marquée.
Seπ			460.4	—
	427.5			Assez bien visible.
				Assez forte.

GUANAJUATITE OU FRENZÉLITE. Bi^2Sc^3 .

(Collection de l'École des Mines.)

Les fragments que j'ai eus entre les mains étaient trop friables et trop minces pour me permettre de prolonger l'expérience le temps nécessaire pour établir un tableau des raies. Cependant j'ai pu constater la présence des raies du bismuth et des principales raies du sélénium, notamment.

	571.1	bien visible.
	559.2	—
$\text{Se}\alpha$	530.7	assez forte.
$\text{Se}\beta$	525.2	—
	523.4	faible.
$\text{Se}\gamma$	522.6	assez forte.
$\text{Se}\delta$	517.6	—
$\text{Se}\zeta$	509.8	—
	506.8	—

Plusieurs raies du sélénium sont masquées par celles du bismuth, notamment (527.0) du groupe $\text{Se}\beta$, par (527.0) du bismuth, et $\text{Se}\delta$ (514.2) par le voisinage de $\text{Bi}\epsilon$ (514.4). Très forte.

En supprimant le condensateur, les raies du cuivre et celle du thallium apparaissent, tandis que celles du sélénium ont disparu.

Tellurures.

HESSITE Hg^2Te . (Collection du Muséum.)

La Hessite donne très facilement un beau spectre complet de l'argent et du tellure. Les raies de ce métalloïde sont nettes et très bien marquées. Elles sont surtout carac-

téristiques dans le rouge et le vert. Plusieurs d'entre elles n'avaient pas été reconnues par Thalén et M. Salet, depuis que Huggins les avait mesurées avec une unité particulière; elles sont cependant bien marquées et contribuent au diagnostic du tellure. La raie $\text{Te } \theta$ (521.7) est éclipsée par le rayonnement intense de $\text{Ag } \beta$ (520.9). A part cela, les raies désignées comme principales par M. Salet sont toutes bien visibles. Les raies de l'argent, dans le rouge et le jaune étant très faibles et toujours difficiles à voir, sont éclipsées par celles du tellure prédominantes dans cette partie du spectre, mais à partir du vert toutes les raies secondaires et faibles de l'argent sont faciles à reconnaître.

La présence du soufre, en très faible proportion, peut être soupçonnée par quelques raies à peine visibles :

$\text{S } \gamma$ (534.5) (532.0), $\text{S } \beta$ (543.3), $\text{S } \epsilon$ (501.3) (500.9) (499.2).

On ne les voit qu'en les cherchant.

L'échantillon étudié provenait de Savodinski, près de Tomsk, dans les monts Altaï. (Collection du Muséum). La *Hessite* y était associée à l'*Altaïte*, d'ailleurs absente des fragments essayés.

Analyse de la *Hessite* de Savodinski, par H. Rose :

Tellure	36.93
Argent	62.37
Fer	0.37
	99.67

Sans condensateur, on n'a pas de raies du tellure, le spectre se réduit aux trois raies $\text{Ag } \gamma$, $\text{Ag } \alpha$, $\text{Ag } \beta$. Passagèrement les raies du zinc apparaissent sur le fond éclairé.

Hessite.

	λ Ag	λ Te	
Te α		643.7	Forte.
		629.5	Bien marquée.
		624.5	—
		623.3	—
		604.9	Assez forte.
		601.5	—
Te β		600.7	Assez bien visible.
		597.3	Forte.
		593.5	—
		585.0	Assez bien visible.
		585.1	—
		582.5	—
Te γ Te δ Te ϵ		580.6	—
		575.5	Assez forte.
		570.7	—
	562.6	565.1	Forte.
	562.3		Faible.
			Diffuse.
Te ζ		561.9	Faible.
	561.0	—	—
		559.0	—
		557.9	Assez forte.
	555.2		Bien visible.
	552.2		Assez bien visible.
Ag γ Ag α Te η		548.8	Assez forte.
	547.0		—
	546.4		Intense.
		545.0	Assez bien marquée.
	542.4		Faible.
	541.1		Assez bien visible.
Ag β	540.2		Diffuse.
		536.7	Bien visible.
		530.9	Bien marquée.
	529.9		Bien visible.
	520.9		Intense.
		503.9	Assez bien visible.
	487.4		Bien marquée.
		486.8	—
	466.7		Forte.
	447.5		—
		430.0	Bien visible.
	421.2		Forte, diffuse.
	405.0		Très forte.

TÉTRADYMITÉ OU BORNINE. Bi^2Te^3 .

Echantillon de Mariano (Brésil). (Collec. de l'École des Mines.)

On a employé pour l'expérience des lames de clivage de ce minéral. Elles sont faciles à obtenir sans abîmer les échantillons, et conduisent bien le courant en donnant une étincelle bleuâtre. Mais elles ont l'inconvénient de se consumer rapidement et d'exiger un renouvellement fréquent pendant les mesures. On obtient un bon spectre du bismuth et du tellure. Les principales raies de ce métalloïde sont surtout visibles dans le rouge et le vert. De même qu'en présence de l'argent, $\text{Te}\theta$ (521.7) n'est pas visible, sans doute à cause de l'éclat de la raie intense $\text{Bi}\gamma$ (520.8). Dans le bleu, et le violet le spectre du tellure est à peu près effacé par celui du bismuth, riche en fortes raies dans cette partie du spectre.

Les raies suivantes du soufre, faciles à reconnaître quoique peu intenses, ont aussi été vues régulièrement présentes :

$\text{S } \alpha$	{	564.2
		560.8
		551.4
$\text{S } \beta$	{	547.2
		543.4
		542.9
$\text{S } \gamma$	{	534.3
		532.0

Les autres raies étaient éclipsées par celles du bismuth et du tellure.

En opérant sans condensateur, le spectre du tellure disparaît comme c'est le cas des autres métalloïdes, et celui du bismuth se réduit à :

Bi β 555.3 bien visible.

Bi γ 520.8 bien visible.

Bi α 472.2 intense.

La présence du soufre ayant été presque toujours constatée dans la *Tétradymite*, on a proposé aussi la formule $\text{Bi}^2\text{Te}^2\text{S}$ ou $2\text{Bi}^2\text{Te}^3, \text{Bi}^2\text{S}^3$. — Voici deux types d'analyses :

	Fluvanna (Virginie), par Genth.		Rezbányà (Transylvanie), par Locza.
	»	Soufre	4.00
Tellure	48.35	Tellure	35.69
Bismuth	52.80	Bismuth	57.42
	»	Fer	0.19
	»	Cuivre	0.03
	»	Résidu insoluble	2.04
	101.15		99.37

Dans la planche qui termine ce mémoire, le spectre de la *Tétradymite* n'est donné qu'avec les raies les plus caractéristiques, aussi les faibles raies du soufre n'y figurent pas.

Tétradymite ou Bornine.

	Bi	Te	
Te α	680.8		Assez forte.
	659.9		—
	629.3		—
		643.7	Forte.
		624.5	Assez forte.
		623.3	—
Te β	612.9		—
	605.7		Forte.
	605.0		Assez bien visible.
	603.8		Bien marquée.
		601.5	Bien visible.
		600.7	—
		597.3	Forte.
		593.6	—
	586.2		Bien visible, large.
		585.1	Bien marquée.
Te γ		582.5	—
		580.6	Assez bien visible
		575.5	Forte.
		574.1	Assez forte.
Te δ	571.7		Forte.
Te ϵ		570.7	Assez forte.
	565.5		Bien marquée.
Te ζ		565.1	Forte.
Bi β		561.9	Bien visible.
		557.9	Assez forte.
Te η			Forte.
		548.8	Assez forte.
		547.9	Assez bien visible.
		545.0	Confondues, diffuses.
		540.8	Faible.
	539.7		Bien marquée.
Bi γ		536.7	Assez forte.
		531.0	Bien marquée.
		529.9	Assez bien visible.
			Forte.
	527.0		Intense.
	520.8		Assez forte.
	520.1		Intense.
	514.4		—
	512.4		Bien marquée.
	509.0		—
Bi ϵ	507.8		Assez forte.
	499.3		Faible.
	490.5		Bien marquée.
		486.8	Assez bien visible.
		483.4	Assez bien marquée.
	479.7		Bien visible.
		478.6	

	Bi	Te	
Bi α	472.2		Intense.
	475.3		Faible.
		470.7	Bien visible, diffuse.
		460.2	Bien visible.
	456.0		Bien marquée.
	447.7		Faible.
Bi ζ	439.1		—
	434.0		Bien visible.
	430.2		Forte.
	427.1		Bien visible.
Bi δ	426.0		Très forte.
	411.9		—
	408.4		Bien visible.

NAGYAGITE ou ELASMOSE $\text{Au}^2\text{Pb}^{14}\text{Sb}^3\text{Te}^7\text{S}^7$.

De Nagyag (Collection du Muséum), gangue de Diallogite.

Bon spectre facile à obtenir. La partie rouge est assez complexe et la plus caractéristique, car les raies principales de l'or, du tellure et de l'antimoine y sont très voisines. Les principales raies du plomb sont très fortes; celles du tellure assez fortes dans le rouge et le commencement du vert surtout. Les lignes caractéristiques de l'or sont fines, nettes et peu nombreuses, ce sont surtout :

Au β (627.7)

Au α (583.8)

Au ζ (565.3)

Au δ (523.0)

Au γ (479.2)

Les groupes du soufre, bien visibles, sont peu nombreux,

les plus nets sont $S\beta$ et $S\gamma$. Quant à $S\alpha$, il est absolument masqué par $Au\zeta$, $Te\epsilon$, $Sb\epsilon$ et $Pb\gamma$.

Après l'opération, on constate que le minéral et les pincettes ont fortement noirci.

Sans condensateur, on entrevoit la raie du thallium $Tl\alpha$.

Analyses de la *Nagyagite* de Nagyag, par Folbert :

Tellure	17.22	18.04
Soufre	9.76	9.68
Antimoine	3.69	3.86
Plomb	60.83	60.27
Or	5.84	5.98
Sélénium	?	?
	97.34	97.83

Nagyagite.

	Au	Pb	Sb	Te	S	
Te α		665.6		643.7		Forte. Assez forte.
S ψ					621.9 630.8	Faible. —
			630.2		629.0	Assez bien visible. Faible.
Au β	627.7			623.3		Forte. Bien visible.
Sb γ			612.9			Bien marquée.
Sb δ			607.8 605.1			—
				601.5		Assez bien marquée.
Sb α		600.2	600.4			Assez forte.
Te β				597.3		— confondues.
	596.0 595.5					Assez bien visible.
				593.6		—
Sb ζ			590.9 589.4			—
	588.0					—
Au α	583.8					Faible.
Te γ				585.1		Forte.
Te δ				575.5		Faible.
Au ζ				574.2		Assez forte.
Te ε				570.7		Bien visible.
Sb ε	565.3					Forte.
Pb γ		560.8				Assez forte.
Te ζ				565.1		Bien marquée.
Sb β			563.8			Faible.
		554.6	556.7	557.9		Très forte.
						Bien marquée.
					551.3	Faible.
				548.9 547.9		Large, diffuse.
						Assez bien visible.
Sb β_2			546.4			—
Te η				545.0	545.2	Faible.
S β					543.4	Assez bien visible.
					542.9	Bien marquée.
Pb ζ		537.3				Bien visible.
	534.8					—
S γ					534.3 532.0	Forte.
	524.2					Bien marquée.
Au δ	523.0					—
Te θ				521.9		Bien visible.
Pb δ		520.1				Bien marquée.
						—

	Au	Pb	Sb	Te	S	
		504.5			503.2	Large, diffuse.
					501.4	Assez bien visible.
Pb β		500.5			—	—
					494.1	Forte.
S ζ					492.5	Bien visible.
					481.4	—
						Assez bien visible.
Au γ	481.1					Faible.
	479.2					Bien marquée.
				478.6		Bien visible.
Pb φ		438.6				Très forte.
Pb ψ		424.6				—
Pb α		406.3				Forte.

Chlorures et Oxychlorures.

CÉRARGYRE.

N'est pas conducteur, mais se volatilise assez bien dans l'étincelle, en donnant les raies de l'argent et celles du chlore. En supprimant le condensateur on n'a plus que celles de l'argent.

Par instants on voit apparaître les raies du calcium fines et vives (voir ci-dessus à calcium), et en supprimant le condensateur, les fortes bandes rouges entre (646.0) et (643.6) attribuées par M. Lecoq de Boisbaudran au chlorure de calcium. Ce résultat n'a rien de surprenant étant donné que le *Cérargyre* se trouve presque toujours en veines dans le calcaire.

Les principales raies du chlore, en présence de l'argent, constatées avec le condensateur ont été :

	Cl			Cl	
Cl β	542.3	Bien visible.		481.8	Assez forte.
	539.2	—		481.0	—
Cl δ	507.7	Bien marquée.		479.4	—

et celles de l'argent :

	Ag			Ag	
Ag γ	562.3	Bien visible.	Ag α	546.4	Très forte.
	555.2	—		540.2	Bien marquée.
	547.1	Assez forte.		521.0	Très forte.
			Ag β		

BOLÉITE. $\text{PbCl}^2\text{CuO H}^2\text{O} + 1/3 \text{AgCl}$, ET **CUMENGÉITE**
 $\text{PbCl CuO 2H}^2\text{O}$.

Ces deux minéraux ne sont point conducteurs, mais se volatilisent facilement dans l'étincelle, en donnant une étincelle bleu verdâtre, avec formation d'un léger dépôt blanc sur les pincés. Après l'opération, les morceaux étudiés sont devenus noirs.

On a ainsi un assez bon spectre du plomb, du cuivre et du chlore, les raies de ce métalloïde étant très belles dans le bleu et le vert. Les deux espèces ont le même spectre avec cette seule différence que la *Bolélite* donne, en plus de celles de la *Cumengéite*, les trois raies suivantes :

Ag γ (547.0) Ag α (546.4) Ag β (521.0).

La première bien marquée, les deux autres très fortes. Dans ce cas la raie du chlore (545.5) et la raie du plomb Pb δ (520.1) ne sont pas visibles à cause du voisinage de celles de l'argent.

La partie rouge et orangée du spectre n'offre de bien visibles que les deux raies du plomb. J'ai mentionné pour mémoire les raies Cu ϵ (621.8) et Cl α (610.7 Salet) qui n'ont pu être reconnues d'une façon certaine.

Les échantillons provenaient de l'unique gisement connu, du Boleo, près Santa Rosalia (Californie mexicaine) et je les devais à l'obligeance de M. Cumenge.

Cumengéite.

	Cu	Pb	Cl	
Cu ϵ	621.8	665.6		Bien visible.
Cl α			610.7	A peine visible, douteuse ?
Pb ϵ		600.3		Assez bien visible.
Cu γ	578.1			Assez forte.
Cu δ	570.0			—
Pb γ		560.7		Très forte.
		554.8		Forte.
			545.5	Bien marquée.
Cl β			544.3	—
			542.3	Assez forte.
Pb ζ		537.3		Forte.
			539.2	Bien marquée.
	529.2			Assez forte.
Cu α_1	521.7			Très forte.
Pb δ		520.1		Assez bien visible.
Cu β_1	515.3			Très forte.
Cu α_1	510.5			—
Cl δ			509.8	Bien visible.
			507.7	Assez forte.
		504.4		Bien visible, diffuse.
Pb β		500.5		Forte, confondue avec aer α .
			492.4	Faible.
			490.3	Assez forte.
Cl ϵ			489.7	—
			482.0	Forte.
Cl ζ			479.4	—
			481.0	—
			478.1	Bien marquée
			476.8	Bien visible.
	470.3			—
	465.1			—
Pb φ		438.6		Forte.
	427.5			Assez bien visible.
Pb $\downarrow$		424.6		Forte.
Pb α		406.3		Assez forte.

ATACAMITE. $\text{CuCl}_2 \cdot 3\text{Cu}(\text{OH})_2$.

Se volatilise assez bien dans l'étincelle, et donne alors un spectre où les raies du cuivre sont prédominantes. On voit cependant bien les principales raies du chlore.

	Cl				Cl	
Cl β	545.6	Assez bien visible. — — — — — —		Cl δ	507.7	Assez bien visible. Bien marquée. — —
	544.3				481.8	
	542.3			Cl ζ	481.0	
	539.1				479.4	

Les autres raies sont éclipsées par celles du cuivre ou à peine visibles.

Toutes disparaissent au bout de peu de temps, à moins qu'on ne renouvelle la partie du minéral qui donne passage à l'étincelle.

On a vu plusieurs fois apparaître les raies capitales de l'argent Ag. γ, α, β. Echantillon d'Atacama (Bolivie).

CHLOROIODURE D'ARGENT. *Copiapó (Chili)*. (Collection du Muséum).

Le minéral dénommé ainsi se présentait sous l'aspect d'une masse cristalline blanche, translucide, et mélangée de croûtes grisâtres, très voisine d'aspect de la *Cérargyre* (AgCl) dont elle a donné d'ailleurs les réactions. Ce minéral, bien qu'il ne soit pas conducteur, donne un assez bon spectre par suite de sa volatilité, et les fragments qui ont subi l'action de l'étincelle deviennent noirs. Les raies de l'argent et du chlore sont prédominantes, je me bornerai à énumérer celles de ce dernier métalloïde; toutes bien marquées sauf la première.

	Cl				Cl	
Cl α?	611.0	Douteuse.		Cl ε	490.5	
Cl β	544.3				489.7	
	542.3			Cl ζ	481.9	
Cl γ	539.2				481.0	
	522.0				479.4	
	510.2				478.0	
Cl δ	507.7					

J'ai cherché les raies de l'Iode, et n'ai trouvé que les suivantes, faibles :

	I			I	
	620.6			536.9	
I δ	571.1			534.4	
I ε	562.4			516.0	
	549.7			484.8	
I ζ	540.3				

dont les nombres sont très voisins de ceux déterminés par M. Salet dans la vapeur d'iode, mais je le répète, ces raies étaient peu visibles.

Les raies du calcium ont apparu plusieurs fois, et en supprimant le condensateur on a eu un spectre très brillant du chlorure de calcium tel qu'il est figuré dans l'Atlas des « Spectres lumineux » de M. Lecoq de Boisbaudran.

J'ajouterai que les iodures alcalins fondus donnent avec l'étincelle condensée un très beau spectre de l'iode.

NADORITE. $\text{PbSb}^2\text{O}^4.\text{PbCl}^2$. (Collection du Muséum.)

Comme le fait supposer sa composition et son aspect résineux et jaune, la *Nadorite* est mauvaise conductrice.

Elle se volatilise imparfaitement dans l'étincelle, en laissant distinguer au milieu des raies de l'air et du platine, celles du plomb, faciles à voir. Dans le rouge on entrevoit les raies de l'antimoine. On n'a pu s'assurer d'une façon certaine de celles du chlore. Le minéral rougit rapidement en donnant un spectre continu; après l'opération, de jaune il est devenu rouge orangé, et a donné un dépôt blanc sur les pincettes.

Minéraux divers.

CRYOLITE. *Arsuk (Groënland).* $\text{Al}^2\text{F}^{16} 6\text{NaFl}$.

Soumise à l'action d'une forte étincelle entre les pinces à bout de platine la *Cryolite* ne donne guère que la double raie jaune du sodium et la raie 624.5 de l'aluminium. Mais si on fond la *Cryolite* sur deux fils de platine entre lesquels jaillit l'étincelle condensée on a un beau spectre du sodium complet, montrant les doublets de ce métal.

Na		Na	
616.0	Forte.	568.8	Forte.
615.4	Moins forte.	568.2	Moins forte.
589.5	Intense. { Renverséssi — on chauffe avec de l'al- cool salé.	515.5	Bien visible.
588.9		515.3	Moins bien visible.
		498.4	Diffuse.
		498.1	Diffuse, plus faible.

On a en outre les deux raies de l'aluminium 624.4 et 623.4, mais faibles, et les deux raies rouges du lithium assez bien visibles 670.5 et 609.9.

On remarquera l'absence des raies du fluor malgré l'emploi d'un fort condensateur (3 jarres. $S=40^{\text{D}92}$), il n'y a pas lieu de s'en étonner, la *Cryolite* se décomposant assez facilement par la chaleur. En effet, après l'expérience, la masse fondue avait une réaction nettement alcaline.

CROCOÏSE. PbCrO^4 . *Échantillon de Bérésowsk (Sibérie).*

Se volatilise dans l'étincelle et surtout lorsqu'elle est humectée d'acide chlorhydrique, même étendu. On a alors, avec les raies du plomb, les raies suivantes du chrome dont la belle raie verte $\text{Cr}\alpha$ est très caractéristique.

	Cr			Cr	
Crz	520.7	Intense.		529.7	Fine, nette.
	534.1	Fine, nette.		427.5	Assez bien visible.
	531.9	—		424.5	— —

J'ajouterai que ce ne sont que les résultats d'un examen sommaire fait avec le spectroscope ordinaire de laboratoire à un seul prisme.

Les morceaux se dissolvent rapidement dans l'acide qui les humecte, et noircissent au passage de l'étincelle.

PÉCHURANE. $3(\text{UO}^2) 2(\text{UO}^3)$ avec PbO , Az. etc. *de Bohême*.

Ce minéral assez mauvais conducteur, rougit au passage de l'étincelle et ne donne guère que les raies violettes du plomb dont il contient toujours une notable quantité.

CLÉVÉITE. Composition analogue, *de Moos*.

Cette espèce désormais célèbre par la présence de l'hélium qui y a été découvert, ne donne malheureusement aucun résultat par la méthode d'examen direct. Comme le péchurane, dont elle est très voisine, elle conduit mal, et devient incandescente, en donnant un spectre continu.

FER MÉTÉORITIQUE, *de cañon diablo*.

M. Friedel ayant bien voulu me confier l'examen spectroscopique d'un phosphore insoluble dans l'acide chlorhy-

drique et extrait de la météorite de Cañon Diablo, celui-ci placé dans l'étincelle condensée, et examiné avec le spectroscopé à deux prismes, m'a donné un spectre de lignes du fer très nombreuses, comme celui qu'on obtient avec la *Pyrite*, et où figurent les raies de l'arc électrique. J'ai trouvé en outre d'une manière fort nette les lignes du nickel et celles du phosphore.

Voici les principales raies du phosphore reconnues :

Ph	α	550.6	Ph	γ	542.0
	β	646.2			540.3
		604.5			528.4
		602.5		δ	524.3
		550.5		ϵ	460.0
		546.2			458.9

Toutes ces lignes sont peu intenses mais bien nettes.

Voici celles du nickel :

Ni	α	547.6	Ni	γ	501.7		(497.4)	Ni	γ	471.4
Ni	β	508.1	Ni	ϵ	(498.4)		486.6	Ni	ζ	440.2

Elles sont difficiles à distinguer au milieu de celles du fer.

Les mesures précédentes sont données simplement à titre d'indication et ont été faites avec un spectroscopé à deux prismes, appartenant à la Faculté des Sciences, et dont la courbe construite par moi, à une trop faible échelle, ne pouvait donner avec certitude que les trois premiers chiffres, la décimale étant approchée à trois ou quatre unités près.

CONCLUSIONS GÉNÉRALES — RÉSUMÉ

Un grand nombre de minéraux métallifères, dont une partie seulement ont fait l'objet de ce travail, peuvent donner, avec l'étincelle de la bobine de Rhumkorff et du condensateur, de bons spectres de lignes brillantes.

Non seulement les métaux, mais aussi les métalloïdes donnent leurs raies dans l'étincelle condensée.

Les éléments contenus en faibles quantités sont facilement discernables par ce procédé.

Plusieurs corps et notamment le fer, donnent dans ces conditions, des raies qui n'avaient jusqu'ici été observées que dans l'arc électrique.

En supprimant le condensateur, les spectres des métalloïdes disparaissent, et ceux des métaux se réduisent aux raies les plus brillantes.

Les minéraux non conducteurs, mais volatilisables dans l'étincelle, fournissent également de bons résultats par cette méthode.

Les sels fondus que j'ai eu l'occasion d'étudier donnent avec l'étincelle condensée des spectres élémentaires, où les raies des métalloïdes sont brillantes et facilement discernables, comme celles des métaux.

Dans l'étude des spectres de comparaison, destinés à préciser les raies des éléments visibles dans les conditions où j'opérais, j'ai repris avec une plus grande approxi-

mation, notamment pour le soufre et le sélénium, les mesures qui avaient été faites antérieurement. Pour les autres métalloïdes et pour les métaux j'ai mesuré directement des raies qui n'avaient pas été signalées par les différents expérimentateurs, depuis MM. Plücker et Hittorf, ou Huggins. Ceux-ci les avaient, ou figurées seulement dans leurs planches, ou calculées dans une unité arbitraire.

Pour le soufre, enfin, j'ai montré qu'on pouvait obtenir facilement son spectre de lignes à l'air libre et dans les conditions ordinaires de température et de pression, sans recourir aux tubes de Plücker ou aux tubes à gaines.

Vu et approuvé :

Paris, le 4 mai 1895.

LE DOYEN DE LA FACULTÉ DES SCIENCES,
G. DARBOUX.

Vu et permis d'imprimer :

Paris, le 4 mai 1895.

LE VICE-RECTEUR DE L'ACADÉMIE DE PARIS,
GRÉARD.

OBSERVATIONS RELATIVES AUX PLANCHES

Les spectres représentés dans les trois planches sont réduits aux lignes les plus visibles et d'intensité au moins « bien marquée ». Les fonds lumineux, ne présentant aucun caractère constant, n'ont pas été figurés; il n'en a d'ailleurs pas été question dans ce mémoire. La division micrométrique est celle d'un spectroscopie ordinaire de laboratoire à un prisme, en flint lourd, la raie du sodium correspondant à 100. Ces conditions d'expérience se rapprochent beaucoup de celles des spectres décrits et figurés dans l'ouvrage de M. Lecoq de Boisbaudran, et en rendront la comparaison plus facile. La partie supérieure de chaque planche porte une échelle de correspondance entre les longueurs d'onde (λ), exprimées en millionnièmes de millimètre et les divisions micrométriques (Div.). Comme dans tous les spectres prismatiques, l'échelle des longueurs d'onde va en se resserrant du côté du rouge, et en se dilatant vers le violet.

Les spectres donnés, tels qu'ils ont été étudiés avec le spectroscopie à deux prismes dans le cours du mémoire, auraient exigé des planches d'un développement trop considérable et leur échelle micrométrique spéciale n'aurait pas correspondu à celles des instruments d'usage courant dans les laboratoires.

PLANCHE I. — Donne le spectre du soufre, à l'air libre, dans l'étincelle condensée. On voit la correspondance de ses lignes avec celles du même corps dans la Galène, la Chalcosine et le Cinabre.

Dans le spectre de la Galène antimonifère, les principales raies de l'antimoine figurées sont un peu trop fortes; leur

présence est d'ailleurs très irrégulière; les raies $Pb\gamma$ et $Pb\delta$ n'avaient pas encore reçu cette désignation lorsque la planche a été faite, elles correspondent aux divisions micrométriques 176 et 179; cette omission a été réparée dans la planche III. Dans le spectre de la Chalcosine, la raie S_0 du soufre, qui correspond à la division 151, est beaucoup trop marquée. Dans le spectre du Cinabre, les raies du mercure γ , α , β et δ sont notablement plus intenses que la figure ne l'indique.

PLANCHE II. — Le spectre de l'arsenic est figuré d'une manière schématique, l'intensité relative des raies et le caractère nébuleux et diffus de celles du bleu et de l'indigo ne sont pas indiqués. On a marqué par des traits courts les principales raies de l'air. On voit, sur les lignes ponctuées, au-dessous de la figure, les traits correspondants aux raies signalées par les différents expérimentateurs. Les raies de Thalén sont les seules mentionnées dans les ouvrages français.

PLANCHE III. — Bien qu'à une plus grande échelle que les précédentes, cette figure correspond à une même dispersion et aux mêmes divisions micrométriques. Pour rester fidèle à la convention de n'y représenter que les raies d'intensités notables, certaines raies ou groupes, S_0 par exemple, n'y figurent pas, bien qu'assez facilement visibles.

Je le répète, ces trois planches n'ont nullement pour but de représenter fidèlement les spectres des minéraux, mais d'en donner approximativement idée, pour ainsi dire schématiquement.

Dans la pratique, il faudra s'en rapporter uniquement aux mesures et caractérisations de raies exposées dans le texte.

TABLE DES MATIÈRES



	Pages.
AVANT-PROPOS	
OBJET DE CE TRAVAIL	5
PREMIÈRE PARTIE	
DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL	8
I. — Appareils producteurs de l'étincelle	8
II. — Appareils dispersifs. — Mesures	14
DEUXIÈME PARTIE	
OBSERVATIONS PRÉLIMINAIRES.	21
Spectres de l'air et du platine.	21
SPECTRES DES CORPS SIMPLES DANS LES MINÉRAUX	24
Métalloïdes :	
Soufre	24
Sélénium	32
Tellure.	34
Phosphore	36
Antimoine.	37
Arsenic	40
Chlore	43
Iode	45
Métaux :	
Or	45
Argent	46
Mercure	47
Cuivre	47
Plomb	48
Zinc	49
Étain	50
Germanium.	51
Bismuth.	51

	Pages.
Fer.	52
Nickel	54
Cobalt	55
Titane	56
Molybdène	56
Magnésium	57
Calcium.	57

TROISIÈME PARTIE

SPECTRES D'ÉTINCELLE DES MINÉRAUX	59
Métaux et oxydes : Or natif.	59
Oligiste.	61
Rutile, Anatase, Brookite.	62
Ilménite, Fer titané.	64
Cuprite	66
Sénarmontite	66
Oxydes de Manganèse	66
Delafossite	66
Cassitérite.	67
<i>Sulfures</i> proprement dits : Galène	67
Recherche de l'argent dans la Galène. . .	69
Argyrose	72
Argyrodite	75
Chalcosine, Harrisite	77
Stromeyerine	79
Pyrite, Magnetkise	80
Chalcopyrite, Phillipsite	86
Cinabre.	1
Bismuthine	94
Sulfures de Bismuth, cuprifères, plombi- fères et argentifères.	97
Alaskaïte	8
Cosalite, Bjelkï'e	8
Beégerite	99
Schirmérite	99
Emplectite.	99
Aikinite	99
Millérite	102

	Pages.
Polydymite et Grünauite.	105
Blende et Wurtzite	108
Molybdénite.	108
Stannine	109
<i>Arséniures :</i> Allemontite	110
Nickéline, Chloantite.	112
Domeykite	115
Leucopyrite et Löllingite.	116
Smaltine	119
<i>Antimoniures :</i> Dyscrase	121
Arite	123
<i>Sulfoarséniures :</i> Réalgar, Orpiment.	125
Sulfoarséniures de plomb	125
Guitermanite, Dufrénoysite.	126
Proustite	128
Gersdorffite ou Disomose	129
Corynite	132
Enargite.	133
Mispickel	136
Cobaltine	138
Tennantite.	143
<i>Sulfoantimoniures :</i> Stibine	144
Sulfoantimoniures de plomb	146
Zinckénite	147
Plagionite.	147
Jamesonite	148
Boulangérite.	148
Ménéghinite	148
Géocronite	148
Bournonite.	150
Famatinite	153
Guéjarite	155
Brongniardite	156
Polybasite.	157
Berthiérîte	160
Pyrargyrite ou Argyrythuse	163
Psaturose	164
Cuivres gris ou tetraédrite	166

	Pages.
Freibergite	170
Ulmannite	171
Plumbostannite	174
<i>Sélénieuses :</i> Clausthalite	175
Zorgite	177
Eucaïrite	179
Berzéline	181
Guanajuatite ou Frenzelite	183
<i>Tellurées :</i> Hessite	183
Tétradymite ou Bornite	186
Nagyagite ou Elasmose	189
<i>Chlorures :</i> Cérargyre	192
Boleïte	193
Cumengeïte	193
Atacamite	194
Chloroiodure d'argent	195
Nadorite	196
<i>Minéraux divers :</i> Cryolite	197
Crocoïse	197
Pechurane	198
Clévéïte	198
Fer Météoritique	198
CONCLUSIONS. — RÉSUMÉ	200
OBSERVATIONS SUR LES PLANCHES	202

SECONDE THÈSE

PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ

Pyro-électricité.

Vu et approuvé :

Paris, le 4 mai 1895.

LE DOYEN DE LA FACULTÉ DES SCIENCES,

G. DARBOUX.

Vu et permis d'imprimer :

Paris, le 4 mai 1895.

LE VICE-RECTEUR DE L'ACADÉMIE DE PARIS,

GRÉARD.

ERRATA

Page 47, à la seizième ligne du *Mercur*,

au lieu de : Hg α 646.0

lire : Hg α 546.0

Planche I.

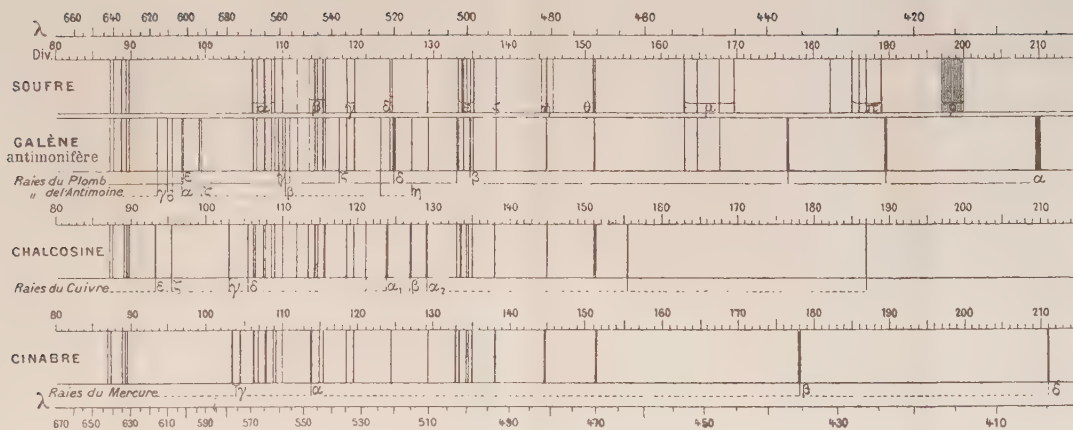
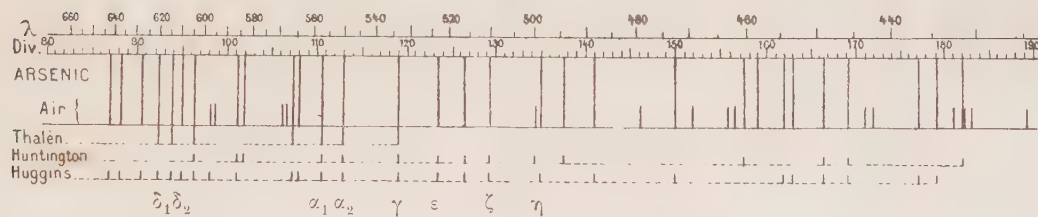
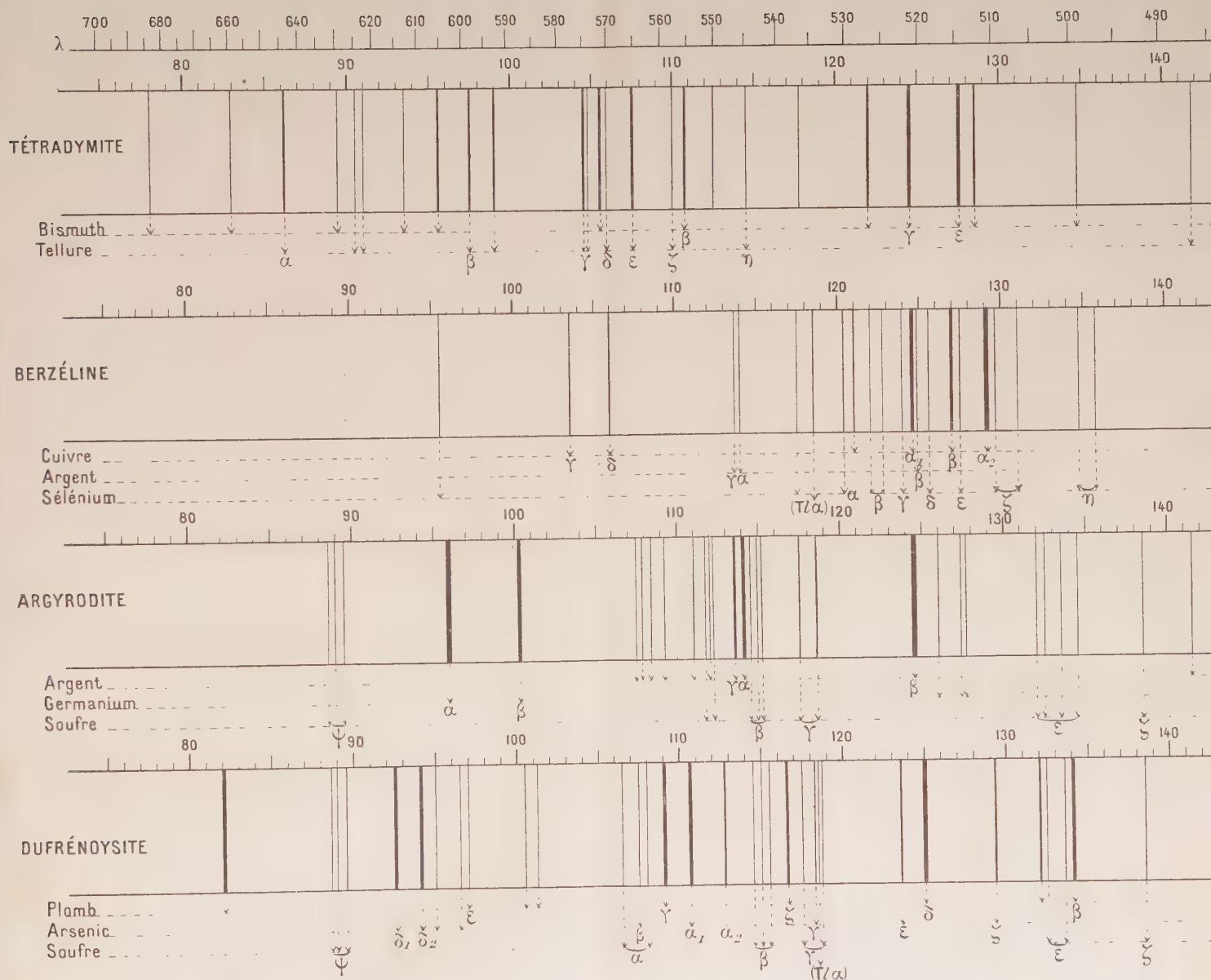


Planche II.





III.

